SCHOOLNET / RESCOL

THE CONTRIBUTION OF NEW TECHNOLOGIES TO LEARNING AND TEACHING IN ELEMENTARY AND SECONDARY SCHOOLS

DOCUMENTARY REVIEW

Français

A collaboration of Laval University and McGill University

Réginald Grégoire inc.
Robert Bracewell
Thérèse Laferrière

August 1st, 1996

Acknowledgments

By its very nature, this review is the product of a collaborative search between practitioners, policy makers and researchers to ground on firm research results the decisions that pertain to the integration in the classroom of information and communication technologies. We are grateful here to the SchoolNet Advisory Board (SNAB) and its Training, Research and Evaluation Sub-Committee, which initiated, in Novernber 1995, under the leadership of Edward T. Wall, Dean of Education at McGill, the process of building a shared vision of the Learner in the 21st Century.

This project pointed to the necessity of reviewing the literature in order to identify the potentials of information- and communication-rich learning environments for schoo! learners and teachers. The reviewers have benefited from the support of Industry Canada (SchoolNet) that provided the necessary funding for the preparation and publication of this first edition of the review. In particular, we want to signal Doug Hull's perceptive and operative mind, and the dedication of the members of the team, led by Elise Boisjoly, that carries the SchoolNet mandate.

This review has also benefited from the TeleLearning Research Network (TL-RN), a national collaboration between Canadian researchers and organizations involved in the development and application of advanced education technologies. Discussions with members of the Educating the Educators' team have helped shape the design of this review. Members and research assistants

of both the McGill University's Applied Cognitive Science Laboratory and Laval's TeleLearning Research Team members (TACT, which stands for Télé-Apprentissage Communautaire et Transformatif) have contributed to bring this review to its current status.

We owe a great debt to Réginald Grégoire inc., a highly regarded consultant firm specialized in documentary reviews intended for policy makers in Quebec's field of education. The integrity of the French version they submitted on June 28th 1996 was outstanding. We also thank Debra Michael and Marcos Silva for their help in searching for and obtaining relevant documentation.

Aiming at informing the educational conversation on a subject that changes at an accelerated pace, the electronic publication of this review is bound to be modified on a regular basis. The August 1st version (both in English and in French) differs substantially from the June 15th draft that was received by the SNAB. The results of new concrete experiences and the emerging socio-technic models will progressively be included. As suggested by Marita Moll, from the Canadian Teachers' Federation, a related document that focuses on contexts in which new technologies are being integrated, that is, the culture of the school and of the classroom, must be developed. We hope that this documentary review will draw potential partners into a collaborative electronic space for further discussion, one that will lead to an enriched and more refined knowledge-base, and one we collectively share. Thanks.

Robert Bracewell
Thérèse Laferrière

INTRODUCTION

Defining the Subject Matter

What are widely called New Information and Communication Technologies (NICT) are currently arousing curiosity in many elementary and teaching environments. Now aware of the growing role that these technologies occupy in numerous spheres of social life and the attraction they hold, in many forms, for young people, we wonder about the attention that the school system should give to them, and specifically what contribution they could make to student learning and to instructional practice.

The expression "new information and communication technologies" (which in the remainder of this report we will shorten to "new technologies") refers here to a series of technologies that usually include the computer and which, when combined or interconnected, are characterized by their power to memorize, process or make accessible (on a screen or other support) and to transmit, in principle to any place at all, a virtually unlimited and extremely diversified quantity of data. In addition, it is worth pointing out that these new technologies are found with increasing frequency in various forms: text, diagram, graphs, moving images, sound, etc.

Since these technologies are by definition new, it is not possible to take stock of their "contribution" in the same way as we would an existing education technology. In the vast majority of cases, the applications of these technologies that we find in the school system are part of pilot projects or experiments whose environment, most often, is only partially in harmony with their characteristics and possibilities. It is for this reason that this documentary review cites only recent documents (i.e., published since 1990) and, moreover, is interested not only in hard scientific conclusions, but also research findings, which, although still tentative, are conducive to

stimulating current thinking on teaching and learning models and the reform of the school system. It is worth noting that this latter approach is justified by the fact that if we refer to the existing body of knowledge on relations between technology and education "it is becoming increasingly clear that technology in and of itself, does not directly change teaching or learning. Rather, the critical element is how technology is incorporated into instruction." (US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 57. In the same vein, see also O'Neil, 1995, p.6, and Guthrie and Richardson, 1995, p.17).

The perspective taken by educational researchers and practitioners concerning the role of computer-based learning technologies in the classroom has shifted significantly in the past decade. The perspective of the early 1980's can be characterized as 'the computer as an agent of change' (see Mehan, 1989). That is, the technology was expected to have a major and direct impact on student learning and skill acquisition. This was particularly the case for the subject areas of writing (where word-processing software was immediately available) and of mathematics (where various computer-based Logo software was widely available) (see for example, Daiute, 1983; Rubin and Bruce, 1985).

The at-best mixed results that were obtained for the effects of the technology on learning reduced expectations for the technology (see Hawisher, 1989), and led to a perspective that can be characterized as 'the computer as a tool'. That is, the technology can be an important component of bring about new and better kinds of learning; but as with all tools, effective use of the technology is embedded within practices and activities that realize its functionality for specific purposes and situations. The investigation of the relationship between practices, purposes, and situations and computer-based learning technologies has been the general driving force motivating the recent research reviewed below.

The learning at issue is that provided for elementary and secondary students within their tangible experiences in which new technologies are used. Thus, it usually The student learning that is examined in light of the new technologies refers to languages, math, the humanities, natural sciences, the arts and, at the end of secondary school, to certain professional content, as well as intellectual skills that are associated with these various subjects: ability to give oneself a mental image of reality, to reason, to make judgments, to solve various types of problems, to invent, etc. This learning is also, for example, the development of personal independence and responsibility, as well as various social skills and conduct, including and first within the educational facility itself. Under these circumstances, attention is not focused solely on learning as an internal process of the individual. There are also the traditional phases of preparation, communication and assessment in teaching, student support activities and the environment established to stimulate a process of discovery and assimilation by the students.

Selecting the Documents

This documentary review focuses on relationships between the new technologies and student learning at the elementary and secondary levels. To be more specific, its objective is to shed light on the way in which these new technologies come into play in the learning process itself and on the immediate environment which is usually introduced in a school or a classroom to ensure this learning, as well as the impact these actions have on the students.

Within this field, a selection was made from two categories of documents, which we agreed to call "assessments" and " essays." For the purpose of this study, these categories of documents were defined in the following way:

- **Systematic assessment** : any text that gives an account of the assessment of an experiment, regardless of the scope of the experiment that gave rise to the assessment at issue. These assessments preferably will have been conducted by an independent external body or under its supervision, but we will not necessarily reject assessments made by those responsible for the experiments assessed, if it is evident that they collected the information methodically and conducted a scientific analysis.

- **Essay** : any document published in a book, periodical, conference or symposium proceedings or elsewhere that proposes or studies in depth a concept or framework of reference with the objective of pinpointing or characterizing the contribution of new technologies to student learning or highlighting their possibilities. Such trials may grow from specific experiments or may take place within broader thinking (for example, focusing on the reform of the school system or on relations between teaching staff and technology).

This selection was made in two stages. During the first stage, an initial general selection grid was established and, in relation to each of the subthemes considered, working hypothesis were developed. The second stage, covered by this report, consisted of testing each hypothesis by carefully analyzing the specific documents, including a number of new ones. The initial hypothesis, revised and corrected, then became ***observations.*** Given the time and resources available, we had to limit the number of documents studied. All were published in North America, but some of them referred to situations in Europe and Oceania. It would be interesting to conduct a similar study on francophone documents, published in Quebec or elsewhere.

Each observation-14 in all-is supported by a summary of the experiment or trial assessments or, in some cases, studies belonging to each of these categories. The content of these "reference points" (which is in fact the title given to these summaries) basically consists of two types of information: one type focuses on ***the context*** of the document in question: origin, justification, level of education, scope of the experiment assessed, etc.; the other type focuses on ***the findings*** of the assessment or ***the thrusts*** that the essay considers. However, when a document supports more than one observation, the context is only described at the first reference; subsequently, with the odd exception, we simply refer to the first reference.

Most of the research that is reviewed comes from studies that included either a) a separate control group of students against which results obtained from an experimental treatment group can be compared, or b) pretest measures of results from the experimental group against which post-test measures can be compared. For a number of studies, both types of measures are available. An additional criterion for inclusion of a study concerned the reporting of methodology: Those studies selected for review are ones in which the methodology is reported in sufficient detail that it would be possible to replicate the research.

In all cases, the thrusts and findings reported are limited to what was considered relevant to the observation formulated. Most of these documents contain other points on other aspects of technology in education that are worthy of interest. It should also be noted that a high proportion of the documents considered were openly based on the others, which were older, including, quite often, studies or reviews of documentation deemed classics on the subject.
We prepared this report focusing on the use that could be made of these summaries by people called on to make decisions regarding the use of new technologies in education, as well as the anchor points and work avenues that could be found by teachers already aware of the opportunities offered by new technologies.

Outline of the Report

This report is structured around two research axes deemed the most suitable for covering the field of the envisaged documentary review:

- **The contribution of new technologies to student learning** and
- **The consequences of appropriate use of new technologies on the teaching function of teachers**.

Within each of these axes, the observations are, in each case, grouped around three **themes:**

in relation to the first axis,

- the specific learning achieved,
- student motivation,
- and the relationship of students to knowledge,

and, in relation to the second,

- planning teaching,
- intervention with a group of students,
- and the assessment of learning.

Each theme in turn includes as many subthemes as there are observations. The table of contents allows the reader to see at a glance the subthemes discussed, as well as the theme and the research axis to which each one of them is linked. In addition, each division or subdivision of the report contains a short introduction. All the observations are presented in the same way, in three parts: reference to the subtheme on which the observation is focusing, the observation statement and several reference points.

I. THE CONTRIBUTION OF NEW TECHNOLOGIES TO LEARNING

Introduction

In this first part, this documentary review focuses on three themes, which have a direct and immediate relationship with the contribution made by new technologies to student learning: the specific learning that students achieve, motivation of students who use the technologies for learning, and student relationship to learning. On each of these themes, viewed from the perspective of the influence that new technologies exert on them, there exists a considerable number of trials and assessments. Since this report can only be the first step in a broader, long-term project, only some of these studies have been considered here. However, since all are recent, they are a summary and extension of many others. Moreover, we feel they demonstrate that the potential of new technologies is immense, but many conditions are required for this

potential to become a reality in classrooms and schools.

In glancing through the various works cited, we realize that the new technologies offer many avenues for reflection. One of them particularly attracts our attention. It can be stated as follows: could new technologies, when they are correctly used, alter a student's relationship with knowledge and learning so deeply that it becomes particularly difficult to pinpoint the learning achieved-or not achieved-in a specific discipline? In simpler terms, we might ask ourselves whether all learning achieved by relying on the powers of new technologies does not become in some way "holistic."

Among the conditions that lead to effective use of new technologies, the following can be considered as prerequisite : the effect of computer-based learning technologies in facilitating student learning and performance is seen only when participants have the knowledge and skill to use the technology. This observation may seem too obvious to be worth mentioning; however, many of the early investigations of the effects of computer-based learning technologies in the classroom did not deal explicitly with the knowledge and skill base necessary for the use of the technology, perhaps because of the assumed power of the technology. Those studies which do deal with this issue, both for students and for their teachers, show a marked contrast in student learning achievements compared with studies that do not treat the issue.

a) With respect to student knowledge and skill in the use of technology a study by Joram, Woodruff, Bryson and Lindsay (1992) contrasts with one by Owsten, Murphy and Wideman (1992). Both studies examined the impact of graphical-interface word-processing software on grade 8 students' writing and revision. In the Joram et al study, students used a word-processing program on which they had minimal training (approximately 10 hours, see Joram *et al,* p. 174); in the Owsten et al study, students used a word-processing program with which they had over a year's experience (approximately 100 hours of composing time, see Owsten et al, p. 254). For both studies the comparison was within students in that each student wrote and revised a composition by hand and using the word processor. In the Joram *et al* study, there were no differences in rated quality of compositions written by hand versus by word processor. In the Owsten *et al* study, quality ratings favored compositions written by word processor on both holistic and analytic assessment scales.

b) Referring to experiments and various sources, With respect to teacher knowledge and skills, successful implementations of computer-based learning technologies are associated with trained and knowledgeable teachers in the classroom. This is the case for large-scale projects where there is a major emphasis on dissemination of the technology (such as the Jasper video materials software developed by the Cognition and Technology Group at Vanderbilt University, 1996), and for smaller-scale projects more oriented to applied research in the classroom (such as Riel's work in which teachers act as action researchers, see Riel, 1990, p. 260). This emphasis on a knowledgeable teaching core stands in contrast to earlier approaches that were less successful in demonstrating learning outcomes where classrooms were simply provided with the technology for computer-based learning (see, for example, Seever, 1992, with the Magnet schools project, and Baker, Gearhart and Herman, 1994, with the Apple Classrooms of Tomorrow).

The efforts of the Vanderbilt group provide a model of the type of large-scale professional development and ongoing support for the use of learning technologies that leads to successful learning outcomes for students. Development activities consist of a two-week summer institute for participating teachers which covers: i) the Jasper materials and associated pedagogical approach, ii) the characteristics of the computing system, and iii) multimedia competencies (e.g., scanning, sound recording, etc.). Ongoing support is provided by personnel seconded part-time

from technology companies and by electronic access to the network of participating teachers and researchers. The outcome is a group of teachers who are knowledgeable about the content and functioning of the computer-based learning technology; the outcomes for students are significant increases in their understanding of mathematical word problems as well as increases in number of accurate solutions to the problems in comparison with performance by control group students.

1. Specific Learning Achieved

This theme essentially covers the knowledge, skills and attitudes the school system considers a formal part of its educational mission. The research findings concerning student learning have been assembled around two subthemes: the development of various intellectual skills, and the specificity of learning using the new technologies.

FIRST OBSERVATION :

The development of various intellectual skills

New technologies have the power to stimulate the development of intellectual skills such as reasoning and problem solving ability, learning how to learn, and creativity.

Reference points

a) By participating in scientific experiments conducted jointly with students in other schools and by drawing their information from various sources for the execution of their projects, using powerful telecommunications networks, students "learn critical information-age skills" and "build higher-order thinking skills" (Newman, 1994, p. 58).

b) Referring to experiments and various sources, the report published by the Office of Technology Assessment in 1995 put the emphasis on the relationship between the use of new technologies and preparation for a world in which such technologies will probably be quite commonplace. "Not only do technologies allow access to a broader range of instructional resources, but they also offer students the opportunity to learn to use electronic tools to access information and develop research skills using the technologies they will face in the future" (US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 59). The whole report is based on a comprehensive analysis of research findings published on this subject over the past 15 years, case studies, visits to schools in 12 states and the District of Columbia, a dozen funded studies and extensive consultation with teachers, students, education researchers and school administrators (see idem, p.7 and 51).

c) Enhanced student reasoning skills have been demonstrated following use of the *Archaeotype* multimedia software (Wallis, 1995). This software simulates an archaeological site in Assyria and allows small groups of students, for example, to dig at the site, discover artifacts, send them to a laboratory for measuring and weighing, and develop hypotheses on the culture of the society that inhabited this site (see Semel, 1992, p. 109). The assessment was conducted by comparing the

group of grade 6 students with a control group in an equivalent private school. It covered students' analytical skills and was based on a simulation activity not familiar to either of the two groups. The findings were very favourable to the students who had used the software. In fact, they were found to be twice as skilled as the control group at developing and defending an explanation based on data.

d) In a series of studies, Scardamalia and Bereiter and their colleagues have examined the effects of their CSILE technology (an acronym for Computer Supported Intentional Learning Environment) on student achievement in the upper elementary grades. CSILE is a computer program that is designed to support the public development of knowledge in the classroom. Users, both students and teachers, can create and post text and graphic productions for others to view and react to. The function and role of these postings is supported by CSILE prompts. In addition the program maintains links among the postings and provides structural support for displaying and searching the links. The learning environment thus supports the development and presentation of student productions (both individual and collaborative) assisted by explicit peer and teacher feedback.

The outcomes for student learning using the technology have been assessed in a number of ways. Most significantly, different pedagogical uses of the technology have shown differences in student performance on strategic skills: A comparison was made of initial project planning by students who worked collaboratively using CSILE versus students who worked independently using CSILE. The former students showed more planning oriented to determining explanations of phenomena as opposed to basic facts (Scardamalia, Bereiter, Brett, Burtis, Calhoun and Smith Lea, 1992).

e) The Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1991, 1996) have used action adventures presented by video media (tape or disk) to facilitate upper elementary students' solution of mathematical word problems. An emphasis is placed on the use of complex, realistic situations of information presentation, both to motivate the students and to foster more applicable knowledge and skills about mathematical problem solving. For example, the initial problem presented the main character, Jasper Woodbury, in a situation where he had purchased an old motor boat, and had to determine whether he could sail it back home given limitations on fuel, effects of currents, and limited daylight.

Because of this complexity the types of skills that students learn with these materials go beyond the usual computational skills for such problems. Typically, students must construct a plan for determining what information they need to abstract from the video to solve the problem (e.g., the capacity of the gas tank, fuel consumption, current directions, etc.). In addition students must structure the problem by creating subgoals that will help to solve the problem (e.g., is the tank capacity enough to allow a passage without refueling?). Groups using the video materials showed substantial gains in planning skills and the construction of subgoals for mathematics word problems compared both to their own performance at the beginning of the year to performance of students following a traditional mathematics curriculum (Cognition and Technology Group, 1996).

f) Math and science are two subjects in which professional associations and teaching staff in schools and faculties of education actively promote the use of new technologies for teaching. Padrón and Waxman (1996) comment on some large-scale experiments that illustrate ways of integrating the new technologies into math (see also Lei, 1996) and science teaching. In math, for example, they cite the videodisk series "The Adventures of Jasper Woodbury" from the

Cognition and Technology Group at Vanderbilt University, which teaches children to solve complex problems using real-world simulations, in a climate of cooperation between teachers and students, and *Preparing for Calculus,* a more recent multimedia program considered to show promise. In science, they note the *Image Processing for Teaching* project which allow students to generate or manipulate images on a particular subject that they can observe, enhance and magnify as well as solve real-world problems; they also note the *National Geographic Kids Network* (see Sixth Observation, a) and *Science Vision,* in which students learn to master science by experiencing it as a process. These various projects are designed to replace the teaching of isolated facts with a constructivist approach to teaching science, development of curiosity and interest in science, and use of technology for scientific exploration. Thus, the new technologies provide opportunities to "explore" and "do" science rather than passively learning it. Padrón and Waxman conclude that the new technologies are capable of improving and enriching traditional instruction in math and science and, more significantly, of profoundly transforming this instruction in urban schools, where modernized instruction is most needed.

SECOND OBSERVATION :

Specificity of what is learned using the new technologies

The new technologies can contribute in several ways to better learning in various subjects and to the development of various skills and attitudes. The nature and breadth of learning depends on previously acquired knowledge, and on the type of the learning activities using technology.

Reference points

a) During the 1970s and early 1980s, many assessments were conducted of the effectiveness of computer-assisted instruction (CAI) compared with the traditional form of teaching. During this period CAI was used primarily to give students drill-and-practice exercises and feedback in basic knowledge and skills such as number facts in arithmetic and sight word recognition in reading. Assessments of the learning outcomes of CAI compared with traditional methods of instruction have consistently shown the superiority of CAI (Kulik, Kulik and Bangert-Downs, 1985; Herman, 1994).

b) By using a word-processing software, a group of grade 2 students improved general writing skills, while writing longer compositions than students in the control group who used traditional paper and pencil tools (Jones, 1994). The experiment was continued by reversing the status of each group. When the children returned to pencil and paper writing the first group of students continued to write well while the former control group in turn acquired the same writing skills as the initial group.

The characteristics of a word processing software effectively lead students to focus more on the actual content and editing of a text. Once students have acquired this skill, they also use it with more traditional tools. Through greater metacognitive and metalinguistic awareness, writing with a computer can also give students an incentive to think about language and to better assess the suitability of the terms they use.

c) In a series of studies, Riel and her colleagues have examined the use of networked computer-

based communications systems by students in upper elementary grades as part of the language arts curriculum (see Riel, 1990). In one of these computer projects which lasted a school year, students at various sites in the United States jointly created a 'Computer Chronicles Newswire', reporting local stories and events to their distant student counterparts. The composition curriculum in the classes emphasized authentic composing tasks (i.e., for the Chronicles) and provided extensive practice in editing of other students' compositions. At the end of each school year students were tested for basic literacy and mathematics skills using the Comprehensive Test of Basic Skills. A comparison of performance on the CTBS at the end of the Chronicles year with performance at the end of the prior year showed that students had gained an average of three grade levels in language mechanics and two in language expression; however performance on reading and mathematics content showed a gain of about a year (as would be expected). In another project, students in upper elementary school corresponded for a year with faculty and students at university and secondary school levels in an electronic forum that explored a range of scientific and social topics. Standardized reading and writing tests given to the students showed that at the end of the year, student performance in reading comprehension was two years above grade level, and reading vocabulary and written expression were 1.5 years above grade level. However, both spelling and mechanics were less than a year above grade level. These findings, with reading performance being the highest, appear to reflect the nature of the students' participation in the forum -- as younger students working with adults and older students, they read many more messages than they contributed.

d) Learning outcomes from the CSILE environment (see First Observation, d) have shown the specificity of achievements using computer-based technologies. On standardized measures which assess basic literacy and quantitative skills (the Canadian Test of Basic Skills), CSILE students exceeded a group of control students on language measures, but showed equivalent performance on mathematics measures--an outcome which reflects the use of CSILE primarily for subject matter domains such as social studies which rely heavily on language (Scardamalia, Bereiter and Lamon, 1994).

e) In a study conducted in New Zealand, the use of computing technology contributed, with other teaching innovations, to greater learning in English, mathematics, and science (McKinnon, Nolan and Sinclair, 1996). Participating students were followed during grades eight, nine and ten. The educational project was characterized by three features: use by each student of a computer for at least three hours a week, extra-curricular activities, and the integration of basic subjects (English, math, sciences and social sciences). It was also based on several teaching principles and strategies generally recognized as effective in the current body of knowledge on education: learning activities focusing on real-life problems and situations, an interdisciplinary approach in conjunction with these problems and situations, teaching focused on the mastery of learning, and a combination of work in small groups and individual work. To judge true academic learning, researchers relied on the English, math and science examinations of the National School Certificate. The participating students performed significantly better on the Certificate examinations than students who had not participated in this project.

f) The learning outcomes from the Jasper Woodbury video and software programs (see First Observation, e) showed specific effects of student learning. The experimental group demonstrated gains in planning skills and the construction of subgoals for problems compared to students following a traditional mathematics curriculum. However, computational accuracy for both the experimental and the control groups improved by the same amount. Overall, the video groups solved more word problems because of more accurate problem representation (Cognition and Technology Group, 1996).

2. Student Motivation

New technologies manage to develop students' interest in learning activities, at least for the time being, and to lead them to devote more time and attention to these activities than in regular classes. This is clearly the case in the two observations highlighted below. Moreover, it is not too surprising that they also increase their confidence in their abilities. In turn, this confidence of the students in themselves undoubtedly explains in part the spontaneously receptive attitude that a large number of them adopt toward an activity in which technology plays a role and the perseverance that they show in accomplishing this activity. Of course a high level of motivation generally facilitates learning; but it is especially important in situations like the new technologically-based learning environments where students are more active in directing their own learning.

THIRD OBSERVATION :

Interest in a learning activity

Most students show greater spontaneous interest in a learning activity that uses a new technology than in the traditional approaches in class.

Reference points

a) The Center for Research, Evaluation and Training (CREATE), in Burlingame, California, in cooperation with Apple, conducted a three-year study on the role of educational technology in the reform of education for children in kindergarten through 2nd grade classrooms across the country. In the first year of this study, four schools in four different states were closely studied; these schools use, in conjunction with other teaching resources, Apple's teaching software Early Language Connections (ELC) for teaching various aspects of language, primarily reading and writing. Throughout the year, investigators met with the students and the teaching staff of the 50 classes.

One of the main conclusions regarding the students is that they "are drawn to technology and are intrinsically motivated to use computers. At each site we visited, we saw students who were always eager to have their time at the computer, whether to complete an assignment from the teacher or to engage in activities of their choice. When children were offered a choice of many classroom activities, computers were always the most popular option. Teachers told us that children's productivity had gone up and that students' composition were now longer and better." (Guthrie and Richardson, 1995, p. 16. On this last point, see also Dwyer, 1994, p. 6 and the references mentioned in note 4).

b) The substantial report published by the Office of Technology Assessment in 1995 confirms the motivation effect that the use of technology has on students of all ages (see US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 65-66). Among the reasons that contribute to student motivation, there is the fact that technology "can be a key vehicle for stimulating learning,

primarily because it creates environments and presents content in ways that are more engaging and involve student more directly than do textbooks and more traditional teaching tools." (idem, p. 65), that it possesses an "interactive capacity" (ibid.) and that it allows students to take part "in activities that invite them to create and share with others" (p. 66).

c) A study conducted by Altun (1996) among junior secondary students demonstrates in a different way the interest that technology creates among young students. The anxiety felt by the students learning science using an interactive video was measured. Given the circumstances, it is necessary to understand the interactivity of the material made available to the students: using a light pen, the students could make images, sounds, figures and text appear, but they could not use the "next," "back," "freeze frame," and "slow motion" functions of the machine.

The anxiety rate was low. This was true of girls as well as boys, as well as students rated strong, average or weak by their teacher (even though the group of strong students displayed a slightly higher degree of anxiety than the other two groups). These results are attributed to the user-friendliness and, genuine although limited, interactivity of the technology used. For example, Altun emphasized that for young learners the use of a light pen to make various types of images appear could have been viewed as "fun and motivating." "Moreover, the threat of making mistakes could be reduced to a low level by the availability of the repetition function that permits students to repeat any parts of the program as many times as wanted." (p. 310).

d) Underwood, Cavendish and Lawson (1996) have conducted an assessment of an integrated learning system, *CCC's Success Maker,* used in a group of elementary and secondary schools over a period of two years. According to the authors an integrated learning system has three essential components: a curriculum content, a record system and a management system. In addition to offering students a wide variety of learning activities, such a system records and interprets their responses to the task in hand, providing them with performance feedback; the system also updates their files, which can be accessed by the teacher, who can thus make individualized teaching interventions.

The findings of this assessment show that after two years the students were still interested in working with the system. A teacher summarized the situation on this point as follows: "the students like competing against themselves and that they were also happy to tackle new things because they were in a non-threatening, non-judgmental environment. Although she perceived that the system corrected, even punished, errors it was 'not personally offensive as it often is in the classroom'." (p. 958).

FOURTH OBSERVATION :

The time and attention devoted to learning activities

The attention span or concentration that the majority of students are willing to devote to learning activities is greater when they use a new technology than when they are in a traditional setting using traditional resources.

Reference points

a) Many integrated learning systems exist in which the computer plays a key role. These systems aid the teaching of one or more subjects and help develop the students' various skills. They usually include a learning management program; the presence of such a program would even constitute "one essential feature" (Van Dusen and Worther, 1995, p. 28). The type of lessons and other resources that these systems offer the students depends to a great extent on the learning concept on which they are based (behaviorism in one case and constructivism in another, for example).

According to the findings of a two-year study conducted throughout the United States and confirmed by specific studies in several school districts, these systems are very often underused or used incorrectly. However, in cases (still very few), in which they are implemented properly, "they do produce positive results. Indeed, they have the potential to transform the classroom into a better environment for learning." (idem, p. 30). Of all the areas in which change could occur, the time students concentrate on a learning activity heads the list. Because they love working with a computer, because they can progress at their own pace and because they receive immediate feedback on what they are doing, "the students remain engaged" (ibid.). According to this study time-on-task is on average 20 percent higher when an integrated learning system is used correctly than in a traditional classroom setting (p. 31).

b) Collins (1991) notes eight trends that he describes using existing documentation and his own observations in schools. One of these focuses on the increased participation of students in their training: "In settings in which computers have been put at the disposal of students as part of some long-term activity or project, researchers have reported dramatic increases in students' engagement." (p. 29). When the students performed a learning activity on a computer, the researcher notes that they were willing to devote more time and energy to it. (see idem, p. 30).

3. Relationship of Students to Knowledge

With the benefit of a more comprehensive inventory, it is evident from the research conducted that it is difficult to talk about the contribution of new technologies to the students' genuine learning without remarking that they cause significant changes in the very way in which students approach knowledge and incorporate it into what they already know. At least, this is what the content of the three subthemes of this section point to based on concrete experiences. The three themes are: developing the research spirit, greater cooperation among individuals, and more integrated and better assimilated learning.

FIFTH OBSERVATION :

Developing research spirit

The new technologies have the power to stimulate the search for more extensive information on a subject, a more satisfying solution to a problem, and more generally, a greater number of relationships among various pieces of knowledge or data.

Reference points

a) Lafer and Markert (1994) have assessed the inquiry activity of elementary school students using the *Lego TC Logo* package in their science curriculum. This package includes the well-known Lego construction blocks, complementary items (wheels, electric motors, electronic sensors, etc.) and computers. In small groups, the students build a machine and use the Logo language to design programs that control it. The objective of this activity is to familiarize students with the basic concepts of both engineering and computer programming. Assessment of the activity was based on the recording of conversations among students made while they were working in groups, observation, the analysis of notebooks, and interviews with the students and teaching staff.

A student builds some sort of vehicle and expects it to perform a certain number of laps on a given circuit. It does more! Why? This is one example of many of a situation that piqued the curiosity of participants. To solve the "problem," the student has to gain a better understanding of what is happening and to collect new information. Thus, to meet the objectives they set themselves, the students must constantly adjust the construction of their machines and the computer programming. Lafer and Markert described the students' desire to find a solution as apparently strong (p. 86). The students "are truly perplexed" when something does not work the way they had expected it to (idem, p. 87); this "drives them to continue their research to find a solution" (ibid.). The researchers responsible for the assessment conclude that "there was evidence in the observations and transcripts that the activities caused students to seek information and to apply prior learning to accomplish the goals the activities set before them." (p. 91). The overall results of the assessment indicate that, on the whole, *Lego TC Logo* is an excellent means of creating a "genuine" learning situation, that is, a situation that students perceive they are able to change by the decisions they make and the actions they take. To be more precise, these findings show, inter alia, that *Lego TC Logo* has the capability to develop a research spirit in students and even more so it appears, an attitude of interdependence (on this latter point, see the Sixth Observation, c).

b) Heidmann, Waldman and Moretti (1996), who helped develop the Archaeotype multimedia software (see First Observation, c), give the following summary of how they view the contribution of such software to the development of the research spirit in students: "Multimedia technologies enable the creation of environments in which constructivist learning can take place. They make available to students original materials instead of pre-interpreted and diluted information. They provide tools for the exploration of that data so that students can investigate a topic and approach it with genuine questions. In the process students create new and examine existing knowledge structures through the exploration of a topic as well as an appreciation of the it." (p. 301).

c) Assessments of the effects of using computing technology the classroom carried out by McKinnon, Nolan and Sinclair (1996) in New Zealand, in addition to examining learning outcomes (see Second Observation , e), also examined the motivation of the students, and their attitude toward using computer technology. Results indicated that the use of the technology did contribute, with other teaching innovations, to the development and support of this intellectual curiosity and this research spirit deemed so important in the education of young people.

One of the main conclusions that the researchers highlight in their study is the following: "sustained computer use enabled students to become not just "technologically literate" but it also enabled them to become producers of knowledge as they analyzed data and information and developed testable propositions." (p. 465). The authors also pointed out that through this project, "teaching and learning processes occurred which are not commonly found in traditional secondary school classrooms." (ibid). Finally, inspired by John Dewey, they noted, inter alia, that the students involved "tended to regard their work as a public activity available for scrutiny and constructive comment by teachers and peers" and that they, as well as their teachers, agreed to recognize that the "students need to be actively and, when appropriate, collaboratively involved in the construction and testing of their own knowledge" (ibid.).

SIXTH OBSERVATION :

Broader cooperation among individuals

The use of new technologies promotes cooperation among students in the same class and among students or classes in different schools, near or far, for the purpose of making them more aware of other realities, accessing relevant knowledge not strictly defined in advance, and executing projects with a genuine relevance for the students themselves, and possibly for other people.

Reference points

a) Use of the computer in conjunction with one or more computer networks outside the school has numerous benefits. Thus, as demonstrated by the popular *National Geographic Kids Network,* in which students conduct scientific experiments while gathering data useful to current research, "joint projects are possible between schools.... Likewise, students and teachers can immediately obtain information about their projects from a wide variety of sources" (Newman, 1994, p. 58).

b) The first phase of the Apple Classrooms of Tomorrow (ACOT) project ran 10 years (1985-1995). It started in seven classrooms in seven different elementary and secondary schools in 1986. The number of schools and classes varied somewhat thereafter. Although the project made intensive use of computers and a wide range of software, several traditional teaching methods and resources continued to be used, especially in the early years (textbooks, direct instruction to the entire group, etc.). This project gave rise to several assessments by researchers from Apple as well as other organizations, and included systematic monitoring (see Dwyer, Ringstaff and Sandholtz, 1991, Dwyer, 1994, and West, 1995).

One of the most striking and consistent results of this experiment was that use of this technology did not isolate students from one other, but instead increased the relations between them. Cooperation in a wide range of learning activities, often intellectually demanding and involving a certain scope and time, over the years actually became one of the main characteristics of the ACOT project. This evolution led in part to a lasting work atmosphere, an arrangement of time devoted to educational activities more respectful of individual paces and the nature of the activities, and a growing number of links between subject matters and with reality (see idem).

c) The assessment of *Lego TC Logo* (see Fifth Observation, a) carried out by Lafer and Markert (1994) led to at least partly similar findings on cooperation between elementary students. To harmonize the operation of machines built with Lego blocks with complementary material and computer programming, the participants had to learn to resolve conflicts and help one other. The strong desire to find solutions for the problems encountered enhanced the interdependence and cooperation among the students. Each became a resource both for discovering the causes of these problems and for finding solutions.

The researchers noted that there were some conflicts between students, but stressed that such social interactions play an important role in development of the ability to think. "Without competing ideas to weigh, there is little to compel one to critically examine the views one holds," they explain (Lafer and Markert, 1994, p. 89). The researchers also were especially struck by the fact that through this experiment, the students learned to cooperate in learning situations that had meaning for them. They point out that this cooperation "evolved as a response to a need... It was understood as a way to get a job done" (ibid.). Consequently, they not only "acquired" the standards inherent in cooperation, they also "actually acquired them" through real situations (ibid.).

d) Brownell and McArthur (1996) have presented findings from their assessment of a similar experiment conducted in a grade 6 class using *Lego Logo* software and hardware. Through this experiment, she wanted to initiate the students to the concept of robotics, make them practice certain math skills and give them an opportunity to work in teams (virtually a new experience for this group of students). Each day for four weeks, the students, divided into groups of two to four, were given time to make a moving object that had to serve a specific function. The researchers gathered data in two ways for the assessment: through observation in the classroom and through interviews with all the students and the teacher. The findings, although still preliminary, show that for the teacher as well as the students, one of the main areas in which learning occurred was that of social interaction (p. 271)

e) Most educational software is designed for individual use. In schools, however, all the hardware for this is not always available, so two students may be asked to work together on a single computer. In this setting, it becomes particularly important to characterize the interactions that occur between the students themselves, as well as those between students and the learning environment made available to them (primarily the computer and a control device, but also the instruction and work sheets).

McLellan (1994) reported a fairly large scale study of student to student interaction using computing technology. In 38 US secondary school students registered in an astronomy laboratory course worked with a simulation software called *Sky Travel*. In pairs, with a partner of their choice, they conducted a series of observations, interpreted them, identified the common points between the phenomena studied, and developed hypotheses. To gather as much data as possible on the students' interactions, both social and with an object in the learning materials, several different methods were used: systematic observation, interviews, etc. The 23 types of interactions identified were grouped into four categories, characterized respectively as verbal communication, a gesture or action of the arm or hand, a movement or special attention paid to a given object (e.g., reading a sheet of instructions), or nothing in particular. Separate consideration was given to the fact that in most cases, one partner used the keyboard and control device much more often than the other.

Analysis of the results indicated that the exchanges between students were frequent and substantial, that when problems arose, a student turned first to his or her partner rather than to

the teacher, and that the student who worked more often with the computer spoke more often to give answers or explanations while the other student asked more questions. Overall, the students focused on the work to be done and were distracted very little, even by their partner. However, the students who used the computer less were, on average, slightly less attentive than the others. The findings of this assessment also showed that the teams often entered into contact with those around them; for example, students stood up to go look or point at another screen and discuss the variations observed. After discussion, they occasionally input data to a neighboring team's computer. This was done to help each other, but also occasionally to make a simple verification. This approach considerably increased the information potentially available to the students to perform their work. This study therefore reveals that having two students work on one computer can prove very positive; it contributes in particular to developing the ability for social interaction, itself deemed indispensable for mastering certain intellectual skills and performing certain tasks.

f) One of the trends (see Fourth Observation, b) described by Collins (1991) gives a broader meaning to integration of the standards inherent in cooperation between students, mentioned at the end of paragraph c) above. This trend indicates that use of technology in the school system is likely to transform the current competitive social structure of the classroom into "a more cooperative social structure" (p. 30). Among the work cited in support of the author's statement is that in the Apple Classrooms of Tomorrow project (see above, b) and that by Scardamalia and Bereiter and their colleagues with the Computer-Supported Intentional Learning Environments (CSILE) project. Within this fairly developed environment, "the students comment on one another's notes, telling what they find interesting and what they cannot understand" (p. 30).

SEVENTH OBSERVATION:

More integrated and better assimilated learning

The potential for simulation, virtual manipulation, rapid merging of a wide variety of data, graphic representation and other functions provided by the new technologies contributes to a linkage of knowledge with various aspects of the person, thereby ensuring more thorough assimilation of the many things learned.

Reference points

a) In one of the secondary schools of the Apple Classrooms of Tomorrow (ACOT) project (see Sixth Observation, b), a group of students in the project was monitored from grade 9 to 12 to compare their learning with that of other graduates from the school. The results showed large differences in "the manner in which they organized for and accomplished their work. Routinely they employed inquiry, collaborative, technological, and problem-solving skills uncommon to graduates of traditional high school programs" (Dwyer, 1994, p. 8). Dwyer noted the relationship between these skills and those required in the work world proposed by the SCANS Commission (set up by the US Secretary of Labor; the Commission's report published in 1992 generated keen interest in both the educational and labor fields).

b) Barron and Goldman (1994) reported a broad consensus among specialists in prototype

development and researchers in media integration on the following points: i) "the integration of video with text and information from other media creates a rich context for student investigation and problem solving"; ii) "nonlinear linking of information makes it possible for a topic to be examined from multiple perspectives, that promote retention and transfer"; iii) "when appropriate tools are available in the system, learners can create their own integrated media products, thus becoming involved in interpreting or producing knowledge" (p. 87). The authors conclude that a technology in which media are integrated "provides a richer base of information and a more effective vehicle for analysis and investigation than do linear videotapes, which are usually passively viewed" (p. 91).

II. THE CONSEQUENCES OF APPROPRIATE USE OF NEW TECHNOLOGIES ON THE TEACHING FUNCTION OF TEACHERS

Introduction

The three themes discussed in this part form the basis for a coherent schema describing the central function of teachers: teaching a group of students. These themes are preparation or planning for teaching, the actual teaching or work with a group of students, and the assessment of learning. These correspond to logical stages in the teaching activity, but are also aspects that overlap in many ways. The assessments and tests briefly cited in the following reference points appear to show that under the influence of new technologies, this overlap is increasingly common and complex.

In traditional teaching, a student's learning is largely dependent on the teacher's activity. What happens when the new technologies come into play? The first part of this documentary review has begun to answer this question by focusing on the student's learning; this second part focuses on the teacher's teaching activity. What are the impacts on this activity of using the new technologies? In what way and to what extent do they challenge the traditional content and forms of this activity? These are the key questions that define the area explored in this second part.

In many cases, the new technologies change very little in students' learning or in teacher activity, because only a very small portion of their potential is used (for example, see Ford, Poe and Cox, 1995). This is why we found it necessary in the title of this part to qualify as "appropriate" the use of the new technologies that will be the focus of our attention in this documentary review. However, this term must not be interpreted too strictly, because research is undoubtedly needed to establish what the expression "appropriate use" actually means.

4. Planning of Teaching

Given the documents surveyed for this report, two remarks may prove useful as background for this theme. The first is that in a large number of cases in which new technologies play a role, a portion of the usual planning activity, which may be substantial, is now shifting to places where courseware, video and documentary series, videodisks, integrated learning systems or other didactic resources are produced. The second remark repeats an observation found in one form or another in several of the documents cited in this report, which can be summarized as follows:

i) the benefit to students of using new technologies is greatly dependent, at least for the moment, on the technological skill of the teacher and the teacher's attitude to the presence of technology in teaching;

ii) this skill and this attitude in turn are largely dependent on the training the teaching staff have received in this area.

It must be noted, however, that a comprehensive review of these two broad topics -- the new locale for detailed planning of teaching, and the training of teaching staff -- lies beyond the defined scope of this documentary research.

Despite the previous remarks, the immediate planning of teaching -- that is the teacher's preparation of instructional tasks and materials for his or her students -- continues to be an essential theme. Further, this theme is comprised of three subthemes: i) the information on new instructional resources and the availability of support for their use, ii) the teacher's cooperation with other people, and iii) the orientation of planning.

EIGHTH OBSERVATION :

Information on new instructional resources and availability of support for their use

Through the new technologies, teachers quickly obtain information on the availability and value of a very diverse selection of instructional resources, and also often benefit from support for their use.

Reference points

a) In a chapter devoted to what technology promises for teachers, the report prepared for the US Congress (see Third Observation, b) indicates that the new technologies that allow teachers, for example, to save to memory in a few minutes an article published in that morning's newspaper and ask their students "to explore worlds beyond their immediate reach" (US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 59), "to peruse the card catalog at the local library for a list of books on a research topic" (ibid.), "to preview software to see if it is appropriate for students at a particular grade level", (ibid.), to establish contact, sometimes instantly and simultaneously, between their students and a poet, religious leader or other students located "down the block or on the other side of the world" (US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 60) or "to gain immediate access to classes sharing a common interest in a particular topic" (ibid.). Similarly, projects such as *Kids Network* (see Sixth Observation, a), *Global Lab* and *Kids as Global Scientists* "can supply the focus and boundaries for interaction and can provide teachers

with the content, accompanying materials, organizational help, and technical assistance they may need to work telecommunications into their curriculum and lesson plans" (US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 61). Many other uses are possible (see idem, pp. 75-77).

NINTH OBSERVATION:

Teacher cooperation with other people

The new technologies facilitate the teacher's cooperation with colleagues as well as other people inside or outside the school system for planning or development of learning activities intended for students.

Reference points

a) Teachers are making increasing use of email (US Congress, Office of Technology Assessment, 1995): "Telecommunications use by teachers, especially for email, has expanded in the last few years, and with good reason: teachers with classroom access to local or external telecommunications networks can contact other educators, experts, scientists, and practitioners to discuss issues related to their teaching practice, developments in their field, and classroom experiences. Furthermore, a growing number of teacher-based networks offer teachers a chance to connect with other people in a variety of forms" (p. 78; see also pp. 55-56 and 87).

b) Initial results concerning teacher interaction via email on the Jasper Woodbury materials indicated a lower degree of use than had been expected (Cognition and Technology Group, 1996). Teachers participating in the implementation and assessment of the materials were provided with modems and commercial accounts for contacting each other and university and business participants in the study; however, teacher use of this service was minimal. This outcome suggests that effective and sustained use of such a communication technology depends not only on the technology but also on perception by the participants of an actual community of instructors working with and developing curriculum that uses learning technologies.

TENTH OBSERVATION :

The orientation of planning

The teacher's planning for teaching requires great harmony between his or her orientation towards teaching, expected learning outcomes, and the characteristics of the technologies he or she utilizes. Hence, the likelihood of positive results is enhanced when the teacher places great importance on the development and arrangement of activities whose execution requires students to perform real work and cooperate with other students.

Reference points

a) The study of the design of computer-based learning technologies p; that is, the structure of presentation features and functionalities of the systems p; remains an emerging field. For example, Collins' (1996) examination of issues in the design of learning environments presents a number of substantive considerations that educators ought to consider in constructing or selecting an environment, such as whether the environment is to support breadth or depth in student knowledge; however, almost all of these issues (as Collins indicates) are general ones that should be considered in the design of any learning environment, whether computer-based or not.

To be sure, systems exist that link educational activities with functionalities of software. For example, in Peled, Peled, and Alexander's (1994) taxonomy, the mastery of basic knowledge is linked with drill and practice software because of software features such as extensive structuring of information for the user and programmed feedback on user accuracy in performance. At the other end of the scale, the taxonomy links educational activities involving analysis and synthesis of knowledge with open tools such as word processors because of features such as user provided content. These taxonomies are valuable for a general classification of software for different educational activities; however, the issue for studies of design is how to promote different kinds of learning by means of features incorporated into the technology.

Some examples of the pairing of expected learning outcomes with specific technological features include the following: First, Riel's (1990) research showed that writing a story for a real audience by using computer-based communications increased the quality of text produced as compared with writing a story for the purposes of grading. In this case, the e-mail features of the computer system made the task authentic by providing a real reader for the story as well as the possibility of immediate response. Second, CSILE students' greater ability explain dynamic phenomena (such as continental drift) is related to the availability within the technology of a graphics program that can be annotated and linked to other text (Scardamalia, Bereiter and Lamon, 1994). Third, the higher performance shown by Jasper students in analyzing and understanding problems depends on the use of multimedia to present realistic problems of sufficient complexity that students can identify with characters in the problem (Cognition and Technology Group, 1996).

b) Both the CSILE and Jasper Woodbury learning environments have produced gains in students learning and performance and have explicitly incorporated computer-based features based on an analysis of intended learning outcomes. Thus the design of these environments merits further description.

The CSILE (Computer Supported Intentional Learning Environment) software reflects a pedagogical emphasis on participatory knowledge building by students and teachers, and is thus an open system which participants use to input and cross-reference content. The research of Scardamalia, Bereiter and their colleagues using the CSILE environment has become increasingly based on a pedagogy that seeks to foster knowledge building on the part of students that is sustained over time, leads to understanding of phenomena and issues that focuses on explanations of why they occur, and is capable of being applied in different situations. The analogy that Scardamalia and Bereiter draw on comes from the scholarly disciplines, where the building of knowledge is both a private and a public affair and is supported and demonstrated by public products as seen in publications, presentations, and courses and programs of study (Scardamalia and Bereiter, 1993).

In light of this perspective, they propose the following **design characteristics** for learning technologies, which they are implementing in CSILE:

i) Allow contributions that are either publicly accessible and credited to the author, publicly

accessible and anonymous, and private. This allows access to the work of others in order to compare ideas and learn more advanced material. It also provides support for private reflection and refinement of ideas.

ii) Provide labeling, commenting, and linking facilities together with appropriate notification features. Such characteristics guard against information 'disappearing' into file or folder structures and thus not being available to students to support elaboration, consideration, or discussion.

iii) Support source referencing for contributors of products. This feature ensures appropriate attribution of a student's ideas and provides a historical record of knowledge building.

iv) Provide storage and retrieval capabilities that situate products in a communal context. The objective of this feature is to promote the linking of related ideas by students working on different aspects of a problem through the use of indices.

v) Allow varied types of entry into the technology for users different ages and levels of sophistication. This characteristic, realized through the use of icons and simple two-word texts, promotes accessibility to the technology and the evolving public knowledge base.

vi) Support coherence of information and deal with information overload. This feature allows products to be tagged, linked, subordinated, etc. as students use them in knowledge building activity. At the same time, monitoring by the system should inform students about contributions that are not being used, so that such contributions can be deleted or returned to private status.

vii) Provide facilities to access remote knowledge sources. This feature, realized through network and CD-ROM capabilities, places student knowledge building within an expanded and more authentic knowledge building community that includes public institutions such as museums, the world of business and work, and the home.

c) In contrast, the research project of the Cognition and Technology Group at Vanderbilt (1991) reflects a pedagogical emphasis on understanding and solving complex and applied mathematical problems, and thus is a much more structured system than CSILE with respect to the content that is presented. The research group initially focused on students in grades 5 and 6 who were having difficulty with reading and mathematics, with a particular focus on fostering student understanding of mathematical word problems in which one has to work with speed, distance, and time quantities (e.g., if a bus travels at 100 km per hour, how long will it take to go the 500 km from Montreal to Toronto?). More recently this focus has broadened to encompass support for students' understanding and solving of problems in much more complex and realistic situations, where solving the problem requires inquiry and planning on the part the students as well as formula application and number computation (Cognition and Technology Group, 1996). The Vanderbilt approach is implemented in the Jasper Woodbury Adventures series of videos and associated materials and exercises. The approach is based on the following **design principles**:

i) Present realistic problems set in realistic situations. This principle is realized primarily through the use of video media (either tape or disk) which presents live-action characters (e.g., Jasper Woodbury) tackling specific problems such as whether they have enough fuel to rescue a rare and endangered bird at a remote location. The principle realizes a number of outcomes: First, it promotes student interest and identification, primarily through the use of a narrative format that presents a problem in which students (at least vicariously) can see themselves participating. Second, through the use of what is essentially a multimedia format that combines verbal and visual information, more complex problems can be presented in an understandable way to

students. Third, the detailed and realistic background information that is presented as an integral part of a video can serve as the starting point for problems in content areas other than mathematics.

ii) Embed all required data in the presentation. This principle insures that the presentation contains information sufficient to solve the problem, and basically realizes the integrity of the presentation for the students in the sense that they come to know that working with the content of the video can lead to a realistic solution.

iii) Present complex problems. Each situation involves a problem of multiple steps and usually allows more than one solution. This principle promotes student mastery of complex problems which are more closely related to problems they will encounter outside the classroom, and thus authenticates the computational knowledge and skills learned.

iv) Structure problems to realize a generative format. Although the presented information is sufficient, problems are structured so that students must generate intermediate steps for a solution. This principle promotes student engagement with the problem, and emphasizes the importance of planning and inquiry skills for understanding and solving realistic problems.

v) Provide linkages across subject areas. The complexity of the problems is structured so that solutions require the use of different types of knowledge and skill, typically language comprehension, planning, statistics, geometry, and even geography, as well as arithmetic computation. The principle thus supports the integration of student knowledge and skills.

vi) Structure presentations to promote transfer across situations. This principle is realized through the development of pairs of adventures around the same mathematical themes (e.g., problems of speed, distance, and fuel consumption). The pairs of adventures support student application of the knowledge and skill they have abstracted in an appropriate manner to new but related situations.

d) The issue of design of learning technologies can be addressed at two levels (Reusser, 1996). The general level, reviewed above, has shown that design characteristics of learning environments reflect characteristics of the pedagogy that teachers adopt. A more particular level has to do with the design of software for teaching specific content or skills. At this level, the design depends on a careful analysis of the knowledge that one expects students to learn and apply as well as consideration of the sequence of presentation of this knowledge in order to facilitate mastery. The study summarized below indicates the issues involved.

i) A study by Jackson, Edwards and Berger (1993) investigated the design of graphing software that was used in the development of curriculum to teach secondary students how to analyze and present data graphically. Experimentation with commercially produced software indicated that the major problem in the structure of this software concerned the "front-end loaded decision structure" (p. 425) required for using the software. That is, effective graph production required a sophisticated level of user knowledge about graphing in order for the user to make decisions such as how to configure complex options concerning scale characteristics of the axes prior to producing the graph. Such software thus realizes a sophisticated tool for the expert, but leaves the less knowledgeable student lost in a maze of choices.

Jackson *et al* then designed a specialized software program that provided perceptual support for the knowledge that students were to apply in producing graphs. One major design feature was the placement in a single window of the choice of graph type (i.e., column, line, pie chart) and the choice of variables for the horizontal and vertical axes. The juxtaposition of these choices is a

critical aspect of graphing since the characteristics of the variables (i.e., either numerical or categorical) restricts the choice of type of graph. (For example, a categorical variable such as geographic region on the horizontal axis rules out the use of a line graph.) Another design feature was the sequencing of choices concerning scaling characteristics of the axes (i.e., maximum and minimum values for a vertical axis). This design feature achieved two objectives: First the sequence of presentation of choices by the software corresponds to a sequence of decisions by the student. Secondly, the student can examine the effects on the graph of different decisions at any point in the sequence, thus showing a particular graphical outcome to be the result of a specific decision.

The issue remained of how to embed the graphing software within a particular pedagogical approach. Jackson *et al* focused on issues of feedback and flexibility, creating three different presentation modes for the software: A restrictive mode disabled choices on the interface given prior decisions by the student; an open mode allowed all possible choices; and a coaching mode allowed all possible choices, but advised students by means of pop-up help notes of the implications of certain decisions. Student experience with the software consisted of about six hours of practice on graphing exercises. Learning was measured, not directly in terms of using the software, but on a transfer task using a series of problems in which students critiqued graphical presentations and suggested improvements. Results showed that the students in the coaching mode outperformed both the restrictive and open modes. Observations of student performance and subsequent interviews suggested that the combination in the coaching mode of being able to explore graphing outcomes together with feedback on the implications of decisions facilitated learning, thus highlighting the significance of student activity and participation in learning even for a content such as graphing that is primarily a skill area.

ii) A study by Kozma, Russell, Jones, Marx, and Davis (1996) investigated the design of software to illustrate for **undergraduate university students** the chemical phenomenon of dynamic equilibrium between different colored gases. The software was designed to support student learning of an expert's model of gas equilibrium, and in particular the knowledge that, although at the general physical level two gases will reach a state in which they maintain a constant proportion to one another at a given temperature, at the molecular level molecules of one gas continue to change into the other and vice versa. Hence the term 'dynamic equilibrium.' The software presented a number of linked representations illustrating the phenomenon, including: i) A video window displaying the physical apparatus (e.g., test tube containing the gas mixture, water bath for heating, thermometer, etc.) and characteristics of the phenomenon. The sequence of the video showed a change in the color of the gas mixture (from pink to red) as the mixture was heated; ii) a graph window showing the proportions of the two types of gases as a function of heat. The plots in this window were linked to the video window so that the software drew the graph in time with the video as the mixture was heated; iii) An animation window displaying symbolic molecules which moved, collided, and sometimes changed from on type of gas molecule to another. This window provided a perceptual representation of the expert knowledge of dynamic equilibrium. Again the window was linked with the other two windows--as temperature increased, the molecules of the animation window increased in speed, number of collisions increased, and proportions of changes from one gas type to the other corresponded to the color and plot characteristics of the other windows. This last window is noteworthy since it realizes a material representation of a phenomenon heretofore strictly mental.

The software was designed for different pedagogical approaches, from use as a display in lectures through exploratory work by students in a laboratory. Evaluation of the effects of the software has been carried out for the lecture approach using a pretest - post test format. Student knowledge of dynamic equilibrium was assessed prior to covering the topic in a regular chemistry course. Students then had two one-hour lectures in which the instructor used the software to illustrate aspects of the phenomenon, after which student knowledge was assessed by means of

a post test. The results showed substantial gains in knowledge about the characteristics and processes of dynamic equilibrium (the average post test score was a standard deviation above the average pretest score). The study thus shows the potential learning gains for software that presents interconnected representations for expert knowledge.

5. Intervention with a Group of Students

The documentation consulted is virtually unanimous in stating that effective use of new technologies changes the function and work of teachers in the classroom. Many terms are used to describe the nature and scope of this change but almost all convey at least two ideas: part of the transfer of information inherent in teaching is shifted from the teacher to the technological media, and the teacher has more time to support each student in the individual process of discovery and mastery of knowledge, skills and attitudes.

This change, which is also influenced by other factors, leads to a different concept of teaching and learning, which become more akin to ongoing research and at the same time an eminently personal, shared approach.

These are the two subthemes examined in relation to the teacher's work with a group of students in an educational environment where new technologies play a genuine role.

ELEVENTH OBSERVATION :

Different relationships between teachers and students

If the new technologies are used in such a way as to exploit their potential, the teacher interacts with students much more than in a traditional classroom, as a facilitator, a mentor, a guide to the discovery and gradual mastery of knowledge, skills and attitudes.

Reference points

a) Research by Guthrie and Richardson (1995) on the use of microcomputers to teach language at the elementary level (see Third Observation, a) reported major changes in the teaching function of teaching staff. Thus, even if the microcomputer was used only for certain activities and was not mandatory at any time, "it allows for a more individualized approach to learning. Much of the software lets students progress and learn at their own pace, and teachers become more like facilitators and coaches who tailor their assistance to the needs of the child" (p. 16; in the same vein, see also the findings of the 1990 survey by the Center for Technology in Education at the Bank Street College of Education, in US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, pp. 52-53).

b) Van Dusen and Worthen (1995, see Fourth Observation, a) also saw significant changes to the teaching function of teachers. They noted, "teachers are still responsible for students' learning, but rather than being dispensers of information they become guides to the learning process. They act as facilitators and organizers of learning activities..." (p. 32). Teachers were also more available to "coach their students in how to process information, helping them to make choices and validate their learning" (ibid.).

c) In the considerations on the contribution of technology to teaching and learning Means and Olson (1994) conclude that "Technology tends to support teachers in becoming coaches rather than dispensers of knowledge" (p. 201).

d) Altun (1996) in her research on the effects of interactive video (see Third Observation, c), pointed out that its for teaching science allows the teacher to devote more time to each student, especially those of low ability or unfamiliar with the new technologies (p. 310).

e) Similarly, Heidmann, Waldman and Moretti (1996) in their assessment of the Archeology multimedia software (see Fifth Observation, b) conclude that "use of new technologies allows the teacher to become a facilitator for the student in the 'process of discovery'" (p. 302; in the same vein, see also Padrón and Waxman, 1996, p. 197 and the unequivocal testimony by a teacher from the National Geographic Kids Network in US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 69).

f) Three of the eight trends identified by Collins (1991, see also Fourth Observation, b) directly affect the teaching function of teachers, and especially teachers' relations with their students (p. 29).

i) When teachers use the computer to teach, they tend to work with small groups of students or individual students rather than with the class as a whole at any given time. This allows them to develop a much more accurate and realistic impression of what students do and do not understand.

ii) Teachers become "coaches" instead of people who transfer information and then ask the students to regurgitate it. The computer plays roughly the same role as the piano: only by playing piano or working on a computer can a student learn; teachers serve as a guide to ensure that the interactions between the student and the piano or computer contribute to the student's learning.

iii) Teachers concentrate more on students who need help, who are usually the weakest, while in the traditional classroom, they tend to give priority to the strongest students.

TWELFTH OBSERVATION:

A different vision of teaching and learning

In a context where new technologies play an important role, teachers begin to view knowledge less and less as a series of facts to be transferred and more and more as a process of continuous research in which they share the

difficulties and results with their students.

Reference points

a) Successful computer-based learning technologies are a component of a larger pedagogical approach that warrants the use of the technology. Viewing computer-based learning technologies as a tool or instrument implies that there exists a pedagogical approach which is well enough articulated so that the inputting, presentation, and communication facilities of the computer are realized as effective aids to student learning and performance. Just as teachers must be knowledgeable about the learning technologies they and their students are using, they must also be knowledgeable and experienced in the pedagogical approach to be taken in their classrooms. This, of course, takes us somewhat beyond a consideration of the effects of learning technologies, but it would appear to be necessary if we are to determine i) how computer capabilities can be used to promote learning, and
ii) how to design computer-based learning environments.

To be brief, revised pedagogies are increasingly concerned with fostering learning and performance in students that is: i) 'higher-level' in the sense that students apply their knowledge to analyze, understand, solve problems rather than simply recall facts, ii) 'authentic' in the sense that it is relevant to student activities and situations beyond the classroom, and iii) 'independent' in the sense that students can apply their knowledge and skill as appropriate to different subject matters. These general objectives motivate a pedagogy in which students carry out and present projects (rather than, or in addition to memorizing facts), interact with peers, teachers, and other people beyond the classroom as both learners and sources of information, and are responsible for planning activities and coordinating multiple sources of information in the pursuit of knowledge (see Brown and Campione, 1996).

b) This revised vision is manifest in the assessment conducted of the Apple Classrooms of Tomorrow project (see Sixth Observation, b) by Dwyer, Ringstaff and Sandholtz (1991). Over the years this in-class experiment ran, teaching staff gradually and more substantially revised their ideas about teaching and learning. Even by the sixth year, these teachers apparently were "more disposed to view learning as an active, creative, and socially interactive process than they were when they entered the program. Knowledge is now held more as something children must construct and less like something that can be transferred intact" (p. 50). This change was confirmed again later. Instruction had become "construction" in which the interpretation of facts replaced their accumulation; comprehension of the subject matter covered replaced its volume; and assessment of the ability to do or demonstrate replaced multiple-choice questions.

c) According to Collins (1991, see Fourth Observation, b), the introduction of new technologies in schools will also have a notable influence on our actual conception of teaching and learning. Now, in principle at least, students all learn the same thing in the same way at the same time, whereas the new technologies make different learning patterns for each student possible and natural (p. 30). Collins also states that the new technologies, in which the visual component is important, provide incentive for a shift from primarily verbal thought to thought that integrates the visual and the verbal (ibid.).

6. Assessment of Learning

For a time, the new technologies were often used to support or even consolidate existing diagnoses and assessments of learning. With the arrival of the latest technologies, we are

witnessing a different phenomenon: in many cases, it is the technologies themselves that are dictating the new forms of assessment, which are more flexible and much more respectful of what learning is, or are used to implement them. This at least is what emerges from the research that could be done. The following two observations present a brief summary of the findings of this research.

THIRTEENTH OBSERVATION:

Assessment of learning

The new technologies foster a positive, close association of students with the assessment of their own learning, and uses and manages much more demanding assessment methods than is generally the case at present.

Reference points

a) The new technologies can be viewed as means for improving administration of the types of exams now used, and for storing and communicating their results (see Sheingold and Frederiksen, 1994, p. 130). In the field of learning assessment, however, these technologies can do much more; they are even indispensable to success of the wholesale reform launched a few years ago (see idem, pp. 111-112). In particular, they can serve five functions:

i) These technologies (in this instance, simulation software and various other computer tools that can represent, draw, analyze, interrelate, record, etc.) can "support students' work in extended, authentic learning activities" (see idem, p. 121).

ii) Given the potential of these technologies, students' work can easily take other forms that than of written text, or combine various forms, and be transmitted at any time, virtually in an instant, to examiners in another location. These technologies also allow a student's work to be reviewed as often as necessary, and allows the student as well as other people or authorized organizations, to keep a "copy" (see idem, pp. 121-124).

iii) These technologies can be used to build "libraries" or multimedia centers that bring together examples of students' work and instruments for interpretation. These locations may also have video editing and multimedia production equipment so teams of teachers can propose other approaches to assessment of student learning to their colleagues (see idem, pp. 121 and 124-126).

iv) These technologies can considerably expand the number of people involved in the development and critical review of assessment instruments consistent with the current requirements and capable of making an informed judgment on a student's portfolio, performance or skills demonstration work. These technologies make it possible to quickly exchange and discuss assessment instruments over distances, provide mutual assistance in the search for more appropriate instruments interpreted in the same manner everywhere, as well as carry out certain training and student consultation activities, or student selection, with teachers' assistance, of projects to be done or courses to be taken (see idem, pp. 121 and 126-128).

v) Finally, these technologies make possible the dissemination over computer networks of the best assessment instruments prepared by teachers and the best work produced by students (see idem, pp. 121 and 128-129).

b) "One of the greatest challenges of alternative forms of assessment, is keeping track of rich but extensive histories of student performance," asserts a major report abstract prepared for the US Congress (US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 73; see also Third Observation, b). In such cases, the technology may prove very useful. Thus, in part, an assessment based on the demonstration of performances, if supported by appropriate technology, "help teachers diagnose student strengths and weaknesses and adapt instruction accordingly, provide students with immediate feedback on their performance, let teachers record and score multiple aspects of competence, and maintain an efficient, detailed and continuous history of the student's progress" (idem, pp. 73-74).

c) The new technologies contribute to the transition from test-based learning assessment to project-based assessment also focusing on students' effort and progress (see Collins, 1991, p. 30; for some contextual factors, see also Fourth Observation, b).

FOURTEENTH OBSERVATION :

Diagnosing specific difficulties

By permitting rapid retracing of the various learning paths taken by a student, the new technologies facilitate detection by the teacher of this student's strong points as well as the specific difficulties the student encounters or prior incorrect or poorly assimilated learning.

Reference points

a) In schools where all teachers in a school or classroom have a computer and have access to their students' records and appropriate management software, each teacher can quickly determine whether a student is having learning difficulties with that teacher or other teachers, and take suitable action. In such cases, the technology serves as an "early warning system" and permits various types of intervention before the situation becomes too serious (see US Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 73).

b) In Underwood, Cavendish and Lawson's (1996) assessment of an integrated learning system (see Third Observation, d) it was the diagnostic function of the system that produced the most visible if not the most pronounced effects on the teaching staff. One member of this staff who was very sceptical at the start of the experiment subsequently admitted that "it was now second nature to him to use the system's diagnostic reports and produce appropriate response to a child" (p. 957). In so doing, he noted for example that the reports produced by the integrated teaching system identified the words and groups of words with which a student was having difficulty. This information allowed him to devise a teaching plan related to this problem. This teacher also commented that the degree of accuracy of the system's diagnoses far exceeded what he would be capable of doing. "Thus," he explained, "Lydia has word skills problems but I was identifying the wrong skills -- the integrated learning system (ILS) sorted that for me and I

could direct my efforts to solving the child's problems" (ibid.). The researchers reporting on their work noted that the diagnostic support provided by the technology used had allowed this teacher to act with competence. Furthermore, in the opinion of the school's administration, the thought process that use of this system had triggered had benefited other aspects of his teaching.

Many experienced teachers also confirm the benefits to be gained from the detailed diagnoses produced by the system. "Often," they state, "the detailed diagnostics are very useful, they often confirm my intuitions but do occasionally highlight problems or successes that I have not noted". The machine identifies a spurt in development before it becomes apparent in the classroom. Some children are reluctant to be seen as achievers but the machine prevents them from hiding their talents" (ibid.). In fact, the system detects the beginnings of success long before these become evident in the classroom. As a result, some students who do not like to show their ability to succeed are no longer able to hide their talents!

The diagnostic capabilities of the system also are relevant in dealing with the problem of students who learn and perform in the class in a manner that is satisfactory but not sufficient to result in substantial intellectual growth (Scardamalia, Bereiter & Lamon, 1994). The integrated learning system "can break this cozy pattern of behavior by stimulating a shift in both the teacher's and the child's perception of potential performance levels. ... In many cases children did not want to stand out from their peers but in other situations the child had developed a very comfortable non-stressful pattern of mediocre work that could be achieved with minimal effort" (Underwood, Cavendish and Lawson, 1996, p. 957).

REFERENCES

ALTUN, ERALP H. (1996)
Interactive Multimedia Systems and Technophobia : A Case Study of Student Anxiety in Regard to Gender and Ability Levels. See below *International Conferences on Technology and Education*, p. 308-310.

ARROYO, C. (1992)
What Is the Effect of Extensive Use of Computers On the Reading Achievement Scores of Seventh Grade Students. (Report No. CS 011-145). Chicago, IL : Chicago Public Schools. ERIC Document 353 544.

BAKER, E., M. GEARHART AND J. HERMAN (1992)
Evaluating the Apple Classrooms of Tomorrow : 1990 Evaluation Study (Report to Apple Computer, inc.). Los Angeles : University of California, Center for the Study of Evaluation and Center for Technology Assessment.

BAKER, E., M. GEARHART AND J. HERMAN (1994)
Evaluating the Apple Classrooms of Tomorrow. In E. L. Barker and H. F. O'Neil (Eds.), *Technology Assessment in Education and Training* (p. 172-197). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

BARKER, T. A. AND J. TORGESEN (1995)
An Evaluation of Computer-Assisted Instruction in Phonological Awareness With Below Average Readers. *Journal of Educational Computing Research*, 13 (1), 80-103.

BARRON, LINDA C. AND ELIZABETH S. GOLDMAN (1994)
Integrating Technology with Teacher Preparation. See below Means, Barbara, p. 81-110.

BLACK, J., W. THALHEIMER, H. WILDER, D. DE SOTO AND P. PICARD (1994)
Constructivist Design of Graphic Computer Simulations. (Report No. IR 016 713). Nashville, TN : Research and Theory Division. ERIC Document 373 703.

BROWN, A. L. AND J. C. CAMPIONE (1996)
Guided Discovery in a Community of Learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom Lessons : Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (p. 229-270). Cambridge, MA : MIT Press.

BROWNELL, GREGG AND JULIA MCARTHUR (1996)
A Preliminary Report: Robotics and Collaborative Learning in a Sixth Grade Classroom. See below Robin, Bernard and Others, p. 270-273.

BUTZIN, S. (1991)
Project CHILD : Integrating Computers into the Elementary School. A Summative Evaluation. (Report No. IR 015 248). Tallahassee, FL : Center for Instructional Development and Services. ERIC Document 338 221.

COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1991)
Technology and the Design of Generative Learning Environments. *Educational Technology*, 31, 34-40.

COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1996)
From Visual Word Problems to Learning Communities : Changing Conceptions of Cognitive Research. In K. McGilly (Ed.), *Classroom Lessons : Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (p. 157-200). Cambridge, MA : MIT Press.

COGNITIVE ENRICHMENT NETWORK (1991)
COGNET Follow Trough Education Model. Research Report : Studies of Impact on Children, Teachers and Parents, 1988-1991. (Report No. PS 020 468). Nashville, TN : Author. ERIC Document 343 720.

COLLINS, A. (1996)
Design Issues for Learning Environments. In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser and H. Mandl (Eds.), *International Perspectives on the Design of Technology Supported Learning Environments* (p. 347-362). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

COLLINS, ALLAN (1991)
The Role of Computer Technology in Restructuring Schools. *Phi Delta Kappan*, 73 (1), 28-36.

DAIUTE, C. (1983)
The Computer as Stylus and Audience. *College Composition and Communication*, 34, 134-145.

DWYER, DAVID (1994)
Apple Classrooms of Tomorrow : What We've Learned. *Educational Leadership*, 51 (7), 4-10.

DWYER, DAVID C., CATHY RINGSTAFF AND JUDY H. SANDHOLTZ (1991)
Changes in Teachers' Beliefs and Practices in Technology-Rich Classrooms. *Educational Leadership*, 48 (8), 45-52.

EVANS, K. S. (1991)

The Effects of a Metacognitive Computer Writing Tool on Classroom Learning Environment, Student Perceptions and Writing Ability. (Report No. CS 213 257). Bethesda, MD : National Institute of Child Health and Human Development. ERIC Document 344 212.

FORD, MARY JANE, VIRGINIA POE AND JUANITA COX (1995)
Using CD-ROMS to Develop Automaticity and Fluency in Reading. See below Willis, Dee Anna and Others, p. 136-139.

GREENLEAF, C. (1994)
Technological Indeterminacy : The Role of Classroom Writing Practices and Pedagogy in Shaping Student Use of the Computer. *Written Communication*, 11 (1), 85-130.

GUTHRIE, LARRY F. AND SUSAN RICHARDSON (1995)
Turned On to Language Arts : Computer Literacy in the Primary Grades. *Educational Leadership*, 53 (2), 14-17.

HASSELBRING, T. (1991)
An Evaluation of Specific Videodisc Courseware on Student Learning in a Rural School Environment. (Report No. IR 015 255). Knoxville, TN : Tennessee Valley Authority. ERIC Document 338 225.

HAWISHER, GAIL E. (1989)
Research and Recommendations for Computers and Composition. In Gail E. Hawisher and Cynthia L. Selfe (Eds.), *Critical Perspectives on Computers and Composition Instruction* (p. 44-69). New York : Teachers College Press.

HEIDMANN, WOLFGANG, WILLIAM D. WALDMAN WITH DR. FRANK A. MORETTI (1996)
Using Multimedia in the Classroom. See below International Conferences on Technology and Education, p. 300-302.

HENDERSON, R. AND E. LANDESMAN (1993)
The Interactive Videodisc System in the Zone of Proximal Development : Academic Motivation and Learning Outcomes in Precalculus. *Journal of Educational Computing Research*, 9 (1), 29-43.

HERMAN, JOAN L. (1994)
Evaluating the Effects of Technology in School Reform. See below Means, Barbara, p. 133-167.

INTERNATIONAL CONFERENCES ON TECHNOLOGY AND EDUCATION (1996)
Technology and Communications : Catalyst for Educational Change. Proceedings of the Thirteenth International Conference on Technology and Education, New Orleans, Louisiana, March 17-20, 1996. Grand Prairie, TX : Author. 2 vol., 755 p.

JACKSON, D., B. EDWARDS AND C. BERGER (1993)
The Design of Software Tools for Meaningful Learning by Experience : Flexibility and Feedback. *Journal of Educational Computing Research*, 9 (3), 413-443.

JACOBSDOTTIR, S. AND S. HOOPER (1995)
Computer-Assisted Foreign Language Learning : Effects of Text, Context, and Gender on Listening Comprehension and Motivation. *Educational Technology Research and Development*, 43 (4), 43-59.

JONES, ITHEL (1994)

The Effect of a Word Processor on the Written Composition of Second-Grade Pupils. *Computers in the Schools*, 11 (2), 43-54.

JOHNSON-GENTILE, K., D. CLEMENTS AND M. BATTISTA (1994)
Effects of Computer and Noncomputer Environments on Student's Conceptualizations of Geometric Notions. *Journal of Educational Computing Research*, 11 (2), 121-140.

JORAM, E., E. WOODRUFF, M. BRYSON AND P. H. LINDSAY (1992)
The Effects of Revising with a Word Processor on Written Communicartion. *Research in the Teaching of English*, 26 (2), 167-193.

KOZMA, R. B., RUSSELL, J., JONES, T, MARX, N., & DAVIS, J. (1996).
The Use of Multiple, Linked Representations to Facilitate Science Understanding. *In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser & H. Mandl (Eds.), International perspectives on the design of technology supported learning environments* (pp. 41-60). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbam Associates.

KULIK, C. C. & KULIK, J. A. (1991)
Effectiveness of Computer-based Instruction : An Updated Analysis. *Computers in Human Behaviour*, 7, 75-94.

LAFER, STEPHEN AND ANDREW MARKERT (1994)
Authentic Learning Situations and the Potential of Lego TC Logo. *Computers in the Schools*, 11 (1), 79-94.

LAJOIE, S. (1993)
Computer Environments as Cognitive Tools for Enhancing Learning in Computers. In S. P. Lajoie and S. Derry (Eds.), *Computers as Cognitive Tools* (p. 261-288). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

LEI, TONY T. (1996)
A Study of the Implementation of Computer Education in Public Schools. See above International Conferences on Technology and Education, vol. 1, p. 314-316.

MARCH, T. (1993)
Computer-Guided Writing : Developing Expert Characteristics in Novice Writers. (Report No CS 214 235). San Diego, CA : San Diego State University. ERIC Document 366 983.

MCKINNON, DAVID H., C.J. PATRICK NOLAN AND KENNETH E. SINCLAIR (1996)
The Freyberg Integrated Studies Project in New Zealand : A Longitudinal Study of Secondary Students' Attitudes Towards Computers, Their Motivation and Performance. See above International Conferences on Technology and Education, p. 463-465.

MCLELLAN, HILARY (1994)
Interactions of Student Partners in a High School Astronomy Computer Lab. *Computers in the Schools*, 11 (1), 29-41.

MEANS, BARBARA (ED.) (1994)
Technology and Education Reform. The Reality Behind the Promise. San Francisco, CA : Jossey-Bass. XXIV et 232 p.

MEANS, BARBARA AND KERRY OLSON (1994)
Tomorrow's Schools : Technology and Reform in Partnership. See above Means, Barbara, p.

191-222.

MEHAN, HUGH. (1989)
Microcomputers in Classrooms : Educational Technology or Social Practice? *Anthropology and Education Quarterly*, 20 (1), 4-22.

NEWMAN, DENIS (1994)
Computer Networks : Opportunities or Obstacles? See above Means, Barbara, p. 57-80.

O'NEIL, JOHN (1995)
On Technology and Schools. A Conversation with Chris Dede. *Educational Leadership*, 53 (2), 6-12.

OWSTEN, R. D., S. MURPHY AND H. H. WIDEMAN (1992)
The Effects of Word Processing on Student's Writing Quality and Revision Strategies. *Research in the Teaching of English*, 26 (3), 249-276.

PADRÓN YOLANDA N. AND HERSHOLT C. WAXMAN (1996)
The Role of Technology in Improving Mathematics and Science for Students in Urban Schools. See above International Conferences on Technology and Education, p. 196-201.

PELED, Z., E. PELED AND G. ALEXANDER (1994)
An Ecological Approach for Information Technology Intervention, Evaluation, and Software Adoption Policies. In E. L. Barker and H. F. O'Neil (Eds.). *Technology Assessment in Education and Training* (p. 35-61). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

RAY STEG, D., I. LAZAR AND C. BOYCE (1994)
A Cybernetic Approach to Early Education. *Journal of Educational Computing Research*, 10 (1), 1-27.

REPMAN, J. (1993)
Collaborative, Computer-based Learning : Cognitive and Affective Outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, 9 (2), 149-163.

REUSSER, K. (1996)
From Cognitive Modeling to the Design of Pedagogical Tools. In S. Vosnadiou, E. De Corte, R. Glaser and H. Mandl (Eds.), *International Perspectives on the Design of Technology Supported Learning Environments* (p. 81-104). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

RIEL, M. (1985)
The Computer Chronicles Newswire : A Functional Learning Environment for Acquiring Literacy Skills. *Journal of Educational Computing Research*, 1 (3), 317-337.

RIEL, M. (1989)
Telecommunications : A Tool for Reconnecting Kids with Society. In B. Feinstein and B. Kurshan (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Telecommunications in Education : Learners in the Global Village.* Oregon : International Society for Technology. ERIC Document 328 233.

RIEL, M. (1990)
Computer-Mediated Communication : A Tool for Reconnecting Kids with Society. *Interactive Learning Environments*, 1 (4), 255-263.

ROBIN, BERNARD AND OTHERS (EDS.) (1996)
Technology and Teacher Education Annual, 1996. Proceedings of SITE 96. Seventh International Conference of the Society for Information Technology and Teacher Education (SITE), Phoenix, Arizona, March 13-16, 1996. Charlottesville, VA : Association for the Advancement of Computing in Education. XVI et 1063 p.

RUBIN, ANDEE AND BERTRAM C. BRUCE (1985)
QUILL : Reading and Writing with a Microcomputer. In B. Hutson (Ed.), *Advances in Reading/Language Research*, Vol. 3 (p. 97-117). Greenwich, CT : JAI Press.

SCARDAMALIA, M. AND C. BEREITER (1993)
Technologies for Knowledge-Building Discourse. *Communications of the ACM*, 36 (5), 37-41.

SCARDAMALIA, M., C. BEREITER, C. BRETT, P. J. BURTIS, C. CALHOUN AND N. SMITH LEA (1992)
Educational Applications of a Networked Communal Database. *Interactive Learning Environments*, 2 (1), 45-71.

SCARDAMALIA, M., C. BEREITER AND M. LAMON (1994)
The CSILE Project : Trying to Bring the Classroom into World 3. In K. McGilly (Ed.), *Classroom Lessons : Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (p. 201-228). Cambridge, MA : MIT Press.

SEEVER, A. (1992)
Achievement and Enrollment Evaluation of the Central Computers Unlimited Middle Magnet School 1990-1991. (Report No. IR 015 634). Kansas, MO : Kansas City School District. ERIC Document 348 962.

SEMEL, SUSAN F. (1992)
The Dalton School. N. Y. : Peter Lang Publishing (American University Studies, Series XIV, Education, Vol. 34). XIX et 205 p.

SHARP, D., J. BRANSFORD, S. GOLDMAN, S. RISKO AND N. VYE (1995)
Dynamic Visual Support for Story Comprehension and Mental Model Building by Young, At-risk Children. *Educational Technology Research and Development*, 43 (4), 25-42.

SHEINGOLD, KAREN AND JOHN FREDERIKSEN (1994)
Using Technology to Support Innovative Assessment. See above Means, Barbara, p. 111-132.

SHERMAN, G. AND J. KLEIN (1995)
The Effects of Cued Interaction and Ability Grouping during Cooperative Computer-Based Science Instruction. *Educational Technology Research and Development*, 43 (4), 5-24.

SILVER, N. AND T. REPA (1993)
The Effect of Word Processing on the Quality of Writing and Self-Esteem of Secondary School English-as-a-second-language Students : Writing without Censure. *Journal of Educational Computing Research*, 9 (2), 265-283.

SOOK-HI-KANG (1994-1995)
Computer Simulations as a Framework for Critical Thinking Instruction. *Journal of Educational Technology Systems*, 23 (3), 233-239.

STEELMAN, J. (1994)

Revision Strategies Employed by Middle Level Students Using Computers. *Journal of Educational Computing Research*, 11 (2), 141-152.

UNDERWOOD, JEAN, SUE CAVENDISH AND TONY LAWSON (1996)
Technology as a Tool for the Professional Development of Teachers. See above Robin, Bernard and Others, p. 955-958.

US CONGRESS, OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT (1995)
Teachers and Technology : Making the Connection. Washington, D.C. : Government Printing Office. IX et 292 p. See chapters I & II.

VAN DUSEN, LANI M. AND BLAINE R. WORTHEN (1995)
Can Integrated Instructional Technology Transform the Classroom? *Educational Leadership*, 53 (2), 28-33.

WALLIS, CLAUDIA (1995)
The Learning Revolution. What Wondrous Things Occur When a School Is Wired to the Max. *Time*, Special Issue, 145 (12), 49-51.

WEST, PETER (1995)
With Computers, Apple Project Finds Less May Be More. *Education Week.* XV (11), 6.

WILLIS, DEE ANNA AND OTHERS (EDS.) (1995)
Technology and Teacher Education Annual, 1995. Proceedings of SITE 95. Sixth International Conference of the Society of Information Technology and Teacher Education (SITE), San Antonio, Texas, March 22-25, 1995. Charlottesville, VA : Association for the Advancement of Computing in Education. XVI et 909 p. ERIC Document 381 148.

WILSON, B., J. TESLOW, T. CYR AND R. HAMILTON (1994)
Technology Making a Difference : The Peakview Elementary School Study. Syracuse, NY : ERIC Clearinghouse on Information and Technology.

WRIGHT, PETER W. (1996)
Integrating a Multimedia Approach into the Teaching of High School Physics. See above Robin, Bernard and Others, p. 281-285.

YUSUF, M. M. (1994)
Cognition of Fundamental Concepts in Geometry. *Journal of Educational Computing Research*, 10 (4), 349-371.

ZELLERMAYER, M., G. SALOMON AND T. GLOBERSON (1991)
Enhancing Writing-Related Metacognitions through a Computerized Writing Partner. *American Educational Research Journal*, 28 (2), 373-391.

RESCOL/SCHOOLNET
L'APPORT DES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION (NTIC) À L'APPRENTISSAGE DES ÉLÈVES DU PRIMAIRE ET DU SECONDAIRE
REVUE DOCUMENTAIRE

English

UNE COLLABORATION DE L'UNIVERSITÉ LAVAL ET
DE L'UNIVERSITÉ McGILL

Réginald Grégoire inc.
Robert Bracewell
Thérèse Laferrière

LE 1er AOÛT 1996

Remerciements

Cette revue documentaire, par la nature même des travaux de recherche recensés et la démarche suivie, est le résultat d'efforts de collaboration entre des chercheuses et des chercheurs, des praticiennes et des praticiens ainsi que des personnes associées à la prise de décision dans la gouverne de systèmes éducatifs de plusieurs provinces canadiennes, entre autres, les décisions relatives à l'intégration des nouvelles technologies de l'information et de la communication.

Initiée à l'automne 1995 par le Comité sur la formation, la recherche et l'évaluation, présidé par Edward T. Wall, doyen de la Faculté d'éducation à McGill, du Comité consultatif de Rescol/SchoolNet, à l'origine afin de guider le processus d'écriture d'un énoncé de vision sur l'apprenante ou l'apprenant du 21ème siècle, cette revue fournit l'éclairage de la documentation scientifique.

Le texte repère les possibilités au regard de l'intégration des nouvelles technologies. L'équipe de recherche a bénéficié du soutien financier de Rescol/SchoolNet pour réaliser cette première édition. Doug Hull, d'Industrie Canada, a su en voir la pertinence et l'équipe dirigée par Élise Boisjoly fournir l'assistance technique requise.

Nous avons aussi bénéficié de notre appartenance au Réseau de recherche en télé-

apprentissage et formation (R-TAF), réseau pancanadien de chercheuses et de chercheurs, ainsi que d'organisations coopérant au développement de technologies nouvelles pour l'apprentissage et la formation. En particulier, des membres et des assistantes et assistants de recherche du Laboratoire de science cognitive de l'Université McGill ainsi que de l'équipe de recherche TACT (Télé-Apprentissage Communautaire et Transformatif) de l'Université Laval ont contribué à mener cette entreprise à son stade actuel de développement.

Nous devons beaucoup à la firme Réginald Grégoire inc., réputée pour la qualité de ses analyses documentaires éclairantes en matière de dossiers éducatifs. La version française de cette revue documentaire, soumise le 28 juin 1996, est d'une intégrité remarquable. Nous remercions aussi Debra Michael et Marcos Silva pour leur aide dans la recherche et la cueillette de pièces pertinentes.

La publication électronique de cette revue documentaire veut alimenter la réflexion sur une question qui évolue à un rythme accéléré. Des mises à jour seront requises. Par exemple, les versions du 1er août, française et anglaise, diffèrent déjà substantiellement de celles de juin dernier présentées aux membres du Comité consultatif de Rescol. Les résultats de nouvelles expériences concrètes et les modèles socio-techniques en émergence seront à insérer. Comme le soulignait avec justesse Marita Moll, de la Fédération canadienne des enseignants, il faudra y associer une réflexion sur les stratégies de développement pédagogique et l'implantation des nouvelles technologies en puisant à la recherche sur la culture de la classe et de l'école. C'est en réunissant au sein d'un même espace de collaboration électronique nos résultats d'expérience et de recherche que nous souhaitons effectuer la prochaine édition de cette revue documentaire; confiant-e en notre capacité collective d'y parvenir, nous remercions nos partenaires actuels et à venir.

Robert Bracewell
Thérèse Laferrière

INTRODUCTION

Délimitation du sujet

Ce qu'il est convenu d'appeler les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) suscite actuellement la curiosité dans plusieurs milieux de l'enseignement primaire et secondaire. Ayant pris conscience de la place croissante que ces technologies occupent dans de nombreuses sphères de la vie sociale et de l'attrait qu'elles exercent, sous de multiples formes, auprès des jeunes, on s'interroge sur l'attention que le système scolaire devrait leur accorder et, plus spécifiquement, sur la contribution qu'elles pourraient apporter à l'apprentissage des élèves.

L'expression ***«nouvelles technologies de l'information et de la communication»*** (que, dans la suite du texte, nous abrégerons en «nouvelles technologies» ou «technologies nouvelles») renvoie ici à un ensemble de technologies parmi lesquelles figure habituellement l'ordinateur et qui, lorsqu'elles sont combinées ou interconnectées, se caractérisent par leur pouvoir de mémoriser, de traiter, de rendre accessible (sur un écran ou un autre support) et de transmettre, en principe en quelque lieu que ce soit, une quantité quasi illimitée et très diversifiée de données. En outre, il convient de souligner que celles-ci se présentent de plus en plus fréquemment sous diverses formes: texte, schéma, graphique, image en mouvement, son, etc.

Ces technologies étant, par définition, nouvelles, il n'est pas possible de dresser le bilan de leur ***«apport»*** de la même manière que s'il s'agissait d'une technologie éducative déjà familière.

Dans une forte proportion des cas, les applications de ces technologies que l'on retrouve dans le système scolaire s'inscrivent à l'intérieur de projets-pilotes ou d'expériences encore jeunes et dont l'environnement n'est, la plupart du temps, que partiellement en osmose avec leurs caractéristiques et leurs possibilités.

C'est ce qui explique que cette revue documentaire est centrée sur des expériences qui ont donné lieu à des écrits publiés depuis 1990 et, par ailleurs, s'intéresse non seulement aux conclusions scientifiques fermes, mais aussi aux résultats de recherche qui, quoique encore fragiles, sont de nature à stimuler la réflexion en cours sur les modèles d'enseignement et d'apprentissage et la réforme du système scolaire. Il est à noter que cette dernière approche se justifie aussi par le fait que, si l'on se reporte au corpus de connaissances déjà constitué sur les relations entre la technologie et l'éducation, «il devient de plus en plus clair que la technologie, en elle-même et par elle-même, ne modifie pas directement l'enseignement ou l'apprentissage. En l'occurrence, l'élément déterminant, c'est la manière dont la technologie est incorporée dans la démarche pédagogique» (U.S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 57. Voir aussi, dans le même sens, parmi d'autres, O'Neil, 1995, p. 6 et Guthrie et Richardson, 1995, p. 17).

Depuis une dizaine d'années, la façon dont les chercheurs ainsi que les praticiens de l'enseignement conçoivent le rôle des systèmes d'enseignement assistés par ordinateur (ci-après désigné EAO) en classe a beaucoup changé. Au début des années 1980, il existait une tendance à considérer l'ordinateur comme un instrument de changement par lui-même (voir Mehan, 1989). On attendait alors de cette technologie une influence importante et directe sur l'apprentissage de l'élève et l'acquisition de sa part de certaines habiletés, surtout dans les domaines de l'écriture (où les logiciels de traitement de texte se trouvaient facilement) et des mathématiques (où divers logiciels en langage Logo étaient accessibles) (voir, par exemple, Daiute, 1983; Rubin et Bruce, 1985). Les résultats pour le moins mitigés qui ont été obtenus ont modéré les attentes initiales (voir Hawisher, 1989) et conduit à ce qu'on pourrait appeler la perspective de «l'ordinateur outil». Suivant celle-ci, la technologie est vue comme un important moyen de renouveler et d'améliorer l'enseignement. Mais, comme tout outil, l'ordinateur est efficace dans la mesure où il est exploité pour des pratiques et des activités adaptées à des buts et à des situations bien déterminés.

Quant à ***l'apprentissage en cause,*** il s'agit de celui prévu pour les élèves du primaire ou du secondaire à l'intérieur d'expériences concrètes où de nouvelles technologies sont utilisées. Il se rapporte donc habituellement aux langues, aux mathématiques, aux sciences humaines, aux sciences naturelles, aux arts et, à la fin du secondaire, à certains contenus professionnels, ainsi qu'aux habiletés intellectuelles que l'on associe à ces diverses matières: capacité de se donner une représentation mentale de la réalité, de raisonner, de porter des jugements, de résoudre divers types de problèmes, d'inventer, etc. C'est aussi, par exemple, le développement d'une autonomie et d'une responsabilité personnelles et de divers habiletés et comportements sociaux, y compris et d'abord à l'intérieur de l'institution scolaire elle-même. Dans les circonstances, ce n'est pas seulement l'apprentissage en tant que processus interne de la personne qui fait l'objet d'attention. Ce sont aussi les phases de préparation, de communication et d'évaluation traditionnelles dans l'enseignement, de même que les activités de soutien aux élèves et l'environnement mis en place en vue de stimuler un processus de découverte et d'appropriation par les élèves.

La sélection des documents

Cette revue documentaire est donc centrée sur les relations entre les nouvelles technologies et l'apprentissage des élèves au primaire et au secondaire. Plus précisément, cette revue vise à fournir différents éclairages sur ***la manière*** dont ces nouvelles technologies interviennent dans le processus d'apprentissage même et sur l'environnement immédiat qui est habituellement mis en place dans une école ou une classe pour assurer cet apprentissage, ainsi que sur ***les résultats*** que ces interventions produisent sur les élèves.

À l'intérieur de ce champ, une sélection a été faite parmi deux catégories de documents, qu'il a été convenu d'appeler des «évaluations» et des «essais». Pour les fins de ce travail, ces catégories de documents ont été définies de la façon suivante :

- · **Évaluation** : tout texte qui rend compte de l'évaluation d'une expérience, peu importe son ampleur. Ces évaluations auront, de préférence, été réalisées par un organisme externe indépendant ou sous sa supervision. Cependant, on ne rejettera pas nécessairement les évaluations faites par les responsables des expériences évaluées s'il appert que les renseignements appropriés ont été recueillis avec méthode et leur analyse conduite avec rigueur.
- · **Essai** : tout texte publié dans un volume, une revue, les actes d'un congrès ou d'un colloque ou ailleurs qui propose ou approfondit un concept ou un cadre de référence ayant pour objet de cerner ou de caractériser l'apport des nouvelles technologies à l'apprentissage des élèves ou de mettre en lumière leurs possibilités. De tels essais pourront avoir comme terreau des expériences particulières ou prendre forme à l'intérieur d'une réflexion plus large (portant, par exemple, sur les potentialités des nouvelles technologies ou sur les relations entre le personnel enseignant et la technologie).

Cette sélection a été réalisée en deux étapes. Au cours de la première, une grille générale de sélection a été établie et, en relation avec chacun des sous-thèmes retenus, des hypothèses de travail ont été formulées. La seconde étape, dont rend compte le présent rapport, a consisté à mettre à l'épreuve chacune des hypothèses à partir de l'analyse attentive de textes précis, y compris un certain nombres de nouveaux textes. Les hypothèses initiales, revues et corrigées, sont alors devenues des ***constatations***. Compte tenu du temps et des moyens disponibles, il a toutefois fallu restreindre le nombre de textes étudiés. Tous ont été publiés en Amérique du Nord, mais quelques-uns d'entre eux font état de situations européennes ou océaniennes. Il serait sûrement stimulant et utile de procéder à une étude similaire à partir de textes publiés en langue française, au Québec ou ailleurs.

Chacune des constatations - 14 au total - est étayée par un résumé d'évaluations ou d'essais ou, dans certains cas, d'études appartenant à chacune de ces catégories. Le contenu de ces «points de repère» - tel est, en effet, le titre qui a été donné à ces résumés - contient essentiellement deux types de renseignements : les uns portent sur ***le contexte*** du document dont il est question : origine, justification, ordre d'enseignement, ampleur de l'expérience évaluée, etc. et les autres sur ***les résultats*** de l'évaluation ou ***les orientations*** que retient l'essai. Toutefois, lorsqu'un document étaie plus d'une constatation, le contexte n'est décrit que lors de la première mention; par la suite, sauf exception, on renvoie simplement à la première mention.

La plupart des évaluations retenues sont des études expérimentales dont le dispositif de recherche inclut un groupe témoin avec lequel on peut comparer les résultats obtenus par un groupe expérimental ou une comparaison entre les résultats d'un groupe expérimental à un prétest et à un postest sur ce que l'on veut mesurer. Dans plusieurs cas, ces deux types de données sont disponibles. En outre, dans la grande majorité des évaluations citées dans ce

rapport, la méthodologie est décrite avec suffisamment de précision pour qu'il soit possible de refaire la même étude.

Dans tous les cas, les orientations et les résultats rapportés se limitent à ce qui a été considéré comme pertinent à la constatation formulée. La plupart de ces textes contiennent des éléments dignes d'intérêt sur d'autres aspects de la technologie dans l'éducation. Il convient aussi de préciser qu'une forte proportion des textes retenus s'appuient explicitement sur d'autres, plus anciens, y compris, assez souvent, sur des études ou des revues de la documentation considérées comme des «classiques» sur le sujet.

Ce rapport a été rédigé en pensant à l'utilisation que pourraient faire de ces résumés les personnes appelées à prendre des décisions concernant l'utilisation de technologies nouvelles dans l'éducation, mais aussi aux points d'appui et aux pistes de travail que pourraient y trouver des enseignantes et des enseignants déjà sensibles aux possibilités des nouvelles technologies.

Le plan général du rapport

Ce rapport est structuré autour des deux axes de recherche jugés les plus aptes à couvrir le champ de la revue documentaire envisagée, soit:

- **L'apport des nouvelles technologies à l'apprentissage des élèves** et
- **Les conséquences d'une utilisation appropriée des nouvelles technologies sur la fonction d'enseignement des enseignants**.

À l'intérieur de chacun de ces axes, les constatations sont, dans chaque cas, regroupées autour de **trois thèmes**:

en relation avec le premier axe,

- les apprentissages spécifiques faits
- la motivation des élèves
- le rapport des élèves avec la connaissance

et, en relation avec le second,

- la planification de l'enseignement,
- l'intervention auprès d'un groupe d'élèves
- l'évaluation des apprentissages.

Chaque thème comprend à son tour autant de sous-thèmes qu'il y a de constatations. La table des matières permet de voir très rapidement quels sous-thèmes sont abordés, ainsi que le thème et l'axe de recherche auxquels chacun d'entre eux se rattache. En outre, chaque division ou subdivision du rapport contient une brève introduction. Toutes les constatations sont présentées de la même manière, en trois parties : la mention du sous-thème sur lequel porte la constatation, l'énoncé de la constatation et un certain nombre de points de repère.

I. L'APPORT DES NOUVELLES TECHNOLOGIES À L'APPRENTISSAGE DES ÉLÈVES

Introduction

Dans cette première partie, cette revue documentaire aborde trois thèmes qui entretiennent une relation directe et immédiate avec la contribution des nouvelles technologies à l'apprentissage des élèves, soit les apprentissages spécifiques réalisés, la motivation des élèves et leur rapport avec la connaissance. Sur chacun de ces thèmes, considéré sous l'angle des influences que les nouvelles technologies exercent sur eux, il existe un nombre considérable d'essais et d'évaluations. Le présent rapport ne pouvant être que la première étape d'un projet plus vaste et de longue haleine, quelques-uns seulement de ces travaux ont été retenus ici. Cependant, comme ils sont tous récents, ces travaux en résument et en prolongent beaucoup d'autres. Aussi, ils démontrent, croyons-nous, que le potentiel des nouvelles technologies est immense, mais que de multiples conditions sont requises pour que ce potentiel devienne réalité dans les classes et les écoles.

Parmi les conditions que requiert l'utilisation efficace des nouvelles technologies, la suivante est pour ainsi dire préalable : ***l'apprentissage des élèves dépend de la connaissance que les personnes qui utilisent une nouvelle technologie ont de cette technologie et de leur habileté à en tirer parti.*** Cette condition peut paraître si évidente qu'il n'est pas utile de la mentionner. De fait, on ne s'en préoccupe pas explicitement dans plusieurs des premières études effectuées sur les effets des nouvelles technologies sur les apprentissages scolaires. La raison en est peut-être le pouvoir inhérent que l'on attribue alors à ces technologies. Toutefois, dans les études où on s'intéresse aux connaissances et aux habiletés nécessaires à l'utilisation de la technologie en cause, tant par les élèves que par les enseignants ou enseignantes, on note une différence appréciable dans la réussite des élèves, comme en font foi les études suivantes.

a) Concernant les connaissances et les habiletés requises par les élèves, la comparaison entre une étude effectuée par Joram, Woodruff et Lindsay (1992) et une autre effectuée par Owsten, Murphy et Wideman (1992) est significative. Les deux études examinent l'influence de logiciels de traitement de texte à interface graphique sur les capacités d'écriture et de révision d'élèves de 8e année. Dans la première étude, les élèves utilisent un programme de traitement de texte sur lequel ils n'ont reçu qu'une formation minimale (environ 10 heures, selon Joram *et al*, p. 174), tandis que, dans la seconde, les élèves exploitent un logiciel qu'ils connaissent depuis plus d'un an (environ 100 heures consacrées à la composition de textes, selon Owsten *et al*, p. 254). Dans les deux cas, on a comparé des textes rédigés et corrigés à la main et des textes rédigés et corrigés avec un ordinateur. Dans l'étude de Joram *et al*, il ressort de l'évaluation des textes qu'il n'y a pas de différence dans la qualité de ceux qui ont été rédigés à la main et de ceux qui l'ont été avec un logiciel. Par contre, dans l'étude d'Owsten *et al*, les compositions rédigées avec un logiciel de traitement de texte ont été jugées supérieures aux autres, autant sur une échelle d'évaluation analytique que globale.

b) Concernant les connaissances et les habiletés requises par les enseignantes et les enseignants, on note également qu'une implantation réussie des nouvelles technologies dépend de la maîtrise qu'ils possèdent eux-mêmes de certaines connaissances et habiletés. C'est le cas

dans des projets de grande envergure, où on met fortement l'accent sur la diffusion de technologies (comme, par exemple, dans celui du *Cognition and Technology Group at Vanderbilt* en relation avec la série de vidéocassettes «The Adventures of Jasper Woodbury») (voir Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1996), mais aussi de projets plus modestes, orientés vers la recherche appliquée en classe (comme dans les travaux de Margaret Riel, où les enseignants sont considérés comme des participants à une recherche-action) (voir Riel, 1990, p. 260. Voir aussi, de la même auteure, 1985 et 1989). Cet accent mis sur un corpus de connnaissances requis au préalable par l'enseignant tranche avec les approches antérieures, moins efficaces, où l'on se limitait à doter la classe d'un équipement d'enseignement assisté par ordinateur (EAO) (voir, par exemple, en relation avec le projet «Magnet Schools», Seever, 1992 et, en relation avec le projet *Apple Classrooms of Tomorrow* , Baker, Gearhart et Herman, 1994).

Les travaux du groupe de l'Université Vanderbilt proposent un modèle indiquant le perfectionnement professionnel à grande échelle et le soutien permanent nécessaires à l'exploitation efficace de l'EAO. Le perfectionnement proposé consiste en un stage d'été de deux semaines qui présente aux enseignants participants i) les cassettes et disques Jasper et l'approche pédagogique associée, ii) les caractéristiques du système informatique et iii) les compétences multimédias nécessaires (par ex., balayage, enregistrement sonore, etc.). Le soutien permanent est assuré par du personnel d'entreprises spécialisées détaché à temps partiel et grâce à l'accès électronique au réseau d'enseignants et de chercheurs participants. Ainsi, les enseignants sont bien informés du contenu et du fonctionnement de la technologie utilisée, et les élèves participants se montrent sensiblement supérieurs aux élèves de groupes témoins pour la compréhension et la résolution de problèmes mathématiques sous forme d'énoncés.

1. En relation avec les apprentissages spécifiques faits

Ce thème recouvre essentiellement les connaissances, les habiletés et les attitudes que le système scolaire considère comme étant formellement incluses dans sa mission de formation. Les résultats de recherche relatifs à ce thème ont été regroupés autour des deux sous-thèmes suivants: Le développement de diverses habiletés intellectuelles et La spécificité de l'apprentissage à l'aide des nouvelles technologies.

PREMIÈRE CONSTATATION :

Le développement de diverses habiletés intellectuelles

Les technologies nouvelles ont le pouvoir de stimuler le développement des habiletés intellectuelles telles que la capacité de raisonner, de résoudre des problèmes, d'apprendre à apprendre et de créer.

Points de repère

a) En participant à des expériences scientifiques menées conjointement avec des élèves d'autres écoles et en puisant leur information à diverses sources pour la réalisation de leurs projets grâce à de puissants réseaux de télécommunications les élèves «acquièrent les habiletés essentielles à l'âge de l'information» et «peuvent pousser à un degré supérieur le

développement de leurs habiletés intellectuelles» (Newman, 1994, p. 58).

b) En se référant à des expériences et à des sources différentes, le rapport substantiel publié en 1995 par l'*Office of Technology Assessment* souligne cette relation entre l'utilisation de nouvelles technologies et la préparation à un monde où de telles technologies seront vraisemblablement tout à fait courantes. «Non seulement, affirme-t-on, les technologies permettent aux élèves d'avoir accès à une gamme plus étendue de ressources didactiques, mais elles leur offrent en outre l'occasion d'apprendre à utiliser des outils électroniques pour obtenir de l'information et de développer des habiletés de recherche à partir des technologies mêmes qu'ils auront à employer dans le futur» (U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 59). L'*Office of Technology Assessment* a entrepris l'étude dont rend compte ce rapport à la demande du Congrès américain, de qui il dépend.

Ce rapport, qui est centré sur les relations entre le personnel enseignant et la technologie, s'appuie sur une analyse exhaustive des résultats de la recherche parus sur le sujet depuis une quinzaine d'années, des études de cas, des visites dans des écoles de 12 États et du district de Columbia, une douzaine de travaux commandités et une consultation étendue auprès d'enseignants, d'élèves, de chercheurs en éducation et d'administrateurs scolaires (voir id., p. 7 et 51).

c) La capacité des élèves à raisoner a augmenté suivant l'utilisation d'un logiciel multimédia appelé *Archaeotype* (voir Wallis, 1995). Le logiciel *Archaeotype* simule un site archéologique et prévoit, par exemple, que des élèves, regroupés en petites équipes, creusent un site archéologique de l'Assyrie, découvrent des artefacts, les acheminent à un laboratoire pour des opérations de mesure et de pesage et émettent des hypothèses sur la culture de la société qui a vécu dans ces lieux (voir Semel, 1992, p. 109). L'évaluation a été réalisée en comparant un groupe d'élèves de 6e année de l'école Dalton, New York, avec un groupe-témoin d'une école privée équivalente. Elle a porté sur les habiletés d'analyse des élèves et a été faite à partir d'une activité de simulation non familière à chacun des deux groupes. Les résultats de cette comparaison se sont révélés très favorables aux élèves qui ont utilisé le logiciel. En effet, ces élèves étaient deux fois plus habiles à formuler et à défendre une explication à partir de données que ceux du groupe-témoin.

d) Dans une série d'études, Scardamalia et Bereiter ainsi que leurs collègues ont examiné les effets de leur technologie CSILE (*Computer Supported Intentional Learning Environment*) sur les résultats d'élèves des dernières années du primaire. CSILE est un programme informatique conçu pour favoriser l'acquisition de connaissances en classe dans un contexte public et le développement d'un savoir collectif. Les utilisateurs -- élèves et enseignants -- peuvent créer et afficher des textes et des productions graphiques que des tiers peuvent voir et commenter. La fonction et le rôle que remplissent les textes affichés sont clarifiés par les invités de CSILE. En outre, le programme établit des liens entre les productions et offre une aide structurée en ce qui concerne l'affichage et l'exploration des liens établis. Il facilite aux élèves la création et la présentation de productions (individuelles ou collectives) à l'aide de commentaires explicites d'autres élèves et la rétroaction de l'enseignant.

Les résultats obtenus grâce à une pédagogie intégrant cette technologie ont été évalués d'un certain nombre de façons. Chose plus importante encore, il s'est avéré que des utilisations pédagogiques différentes de la technologie s'accompagnaient de différences au niveau des capacités stratégiques des élèves. Ainsi, en comparant l'utilisation de CSILE pour la planification initiale de projets par des élèves travaillant en équipes et par des élèves seuls, on a constaté que les premiers privilégiaient l'explication des phénomènes par rapport aux faits de base (Scardamalia, Bereiter, Brett, Burtis, Calhoun et Smith Lea, 1992).

e) Le Groupe *Cognition and Technology* de l'Université Vanderbilt (1991 et 1996) a utilisé des récits d'aventures enregistrés sur un support vidéo (bande ou disque) pour aider les élèves des dernières années du primaire à résoudre des problèmes mathématiques présentés sous la forme d'énoncés. Dans ces documents, on met l'accent sur l'exposé de situations complexes et réalistes, et ce afin de motiver les élèves et de promouvoir chez eux des connaissances et des habiletés qu'ils soient capables d'appliquer à la solution de problèmes mathématiques. Ainsi, le premier problème exposé dans cette série de documents vidéos souligne que le personnage principal, Jasper Woodbury, après avoir acheté un vieux canot à moteur, doit décider s'il peut l'utiliser pour retourner chez lui, compte tenu de l'essence dont il dispose, de l'effet des courants et du temps de clarté qu'il reste avant la nuit.

Étant donné la complexité de telles situations, les élèves sont incités à développer des habiletés qui vont au-delà des calculs mathématiques habituels. En général, pour sélectionner l'information qui leur est nécessaire pour résoudre le problème posé (la capacité du réservoir à essence, la consommation d'essence, la direction du courant, etc.), les élèves doivent faire un plan. En outre, ils doivent structurer les données du problème en établissant des sous-objectifs qui les aideront à résoudre le problème dans son entier (par exemple : le réservoir à essence a-t-il une capacité suffisante pour effectuer le voyage sans qu'il soit nécessaire de le remplir en cours de route?). Les groupes qui ont utilisé ces documents ont développé une capacité de planification et d'élaboration de sous-objectifs orientée vers la solution d'un problème substantiellement supérieure à celle qu'ils possédaient au début de l'année scolaire, de même que celle d'autres groupes d'élèves qui avaient suivi un programme d'études traditionnel en mathématiques (Cognition and Technology Group, 1996).

f) Padrón et Waxman (1996) commentent sur quelques expériences d'envergure qui illustrent autant de manières d'intégrer les nouvelles technologies dans l'enseignement des mathématiques (voir aussi Lei, 1996) et des sciences. En mathématiques, on rappelle, par exemple, l'ensemble sur vidéodisque intitulé «The Adventures of Jasper Woodbury», du *Cognition and Technology Group at Vanderbilt University,* qui apprend à résoudre des problèmes complexes à partir de situations du monde réel et dans un climat de collaboration entre enseignants et élèves, et on cite *Preparing for Calculus*, un programme multimédia plus récent, mais jugé prometteur. En sciences, on signale les projets *Image Processing for Teaching,* qui permet aux élèves de produire et de manipuler des images en vue de leur observation, de leur transformation, de leur agrandissement et de la solution de problèmes concrets, *Kids Network,* dont il sera question ci-après (voir Sixième constatation, a) et *Science Vision,* à travers lequel les élèves apprennent à maîtriser la science en l'expérimentant comme un processus. Ces divers projets visent à remplacer l'enseignement de faits isolés par une approche constructiviste de l'enseignement des sciences, le développement de la curiosité et de l'intérêt pour la science et l'utilisation de la technologie à des fins d'exploration scientifique. Les nouvelles technologies proposent ainsi des occasions d'«explorer» et de «faire» de la science plutôt que de la faire apprendre passivement. Padrón et Waxman soutiennent que les nouvelles technologies sont en mesure d'améliorer et d'enrichir l'enseignement traditionnel des mathématiques et des sciences, voire, de transformer cet enseignement dans les écoles où un enseignement renouvelé est le plus nécessaire, soit les écoles urbaines.

DEUXIÈME CONSTATATION :

La spécificité de l'apprentissage à l'aide des nouvelles technologies

Les nouvelles technologies peuvent contribuer de plusieurs façons à améliorer

l'acquisition de connaissances dans diverses matières d'enseignement et le développement des habiletés et des attitudes qui sont reliées à ces connaissances. La nature et l'ampleur de ces apprentissages dépendent notamment de l'acquis préalable des élèves et des activités qu'ils accomplissent avec les nouvelles technologies.

Points de repère

a) Au cours de la décennie 1970 et au début de la décennie suivante, on a procédé à de nombreuses évaluations sur l'efficacité de l'enseignement assisté par ordinateur comparé au type courant d'enseignement. Durant cette période, les EAO ont été utilisés principalement pour donner des exercices de mémorisation aux élèves et de la rétroaction sur leurs connaissances et habiletés de base relatives aux nombres et au repérage de mots en lecture. Les évaluations des EAO qui ont comparé l'apprentissage des élèves ayant reçu respectivement un enseignement assisté par ordinateur et un enseignement traditionnel ont été, de façon constante, favorables à l'enseignement assisté par ordinateur (Kulik, Kulik, et Bangert-Downs, 1985; Herman, 1994).

b) En utilisant un logiciel de traitement de texte, un groupe d'élèves de 2e année a amélioré ses habiletés générales en composition, tout en écrivant des textes plus longs que les élèves d'un groupe témoin qui a utilisé des outils traditionnels, soit un crayon et une feuille de papier (voir Jones, 1994). On a poursuivi l'expérience en inversant le statut de chacun des groupes. Lorsqu'il a de nouveau recours aux outils traditionnels, le premier groupe d'élèves continue de faire de bonnes compositions alors que l'ancien groupe témoin acquiert à son tour les mêmes habiletés en composition que l'autre groupe.

Les caractéristiques d'un logiciel de traitement de texte ont pour effet d'amener les élèves à se concentrer davantage sur le contenu même d'un texte et sa révision. Une fois qu'il a acquis cette habitude, l'élève l'adopte aussi avec des outils plus traditionnels. La composition d'un texte avec l'aide d'un ordinateur peut aussi, dans la ligne d'une prise de conscience métacognitive et métalinguistique, inciter les élèves à réfléchir sur la langue et à mieux évaluer l'à-propos des termes qu'ils emploient (voir Jones, 1994).

c) Dans une série d'études, Riel et ses collègues étudient l'utilisation de systèmes de communication informatique en réseau par des élèves des dernières années du primaire dans leur cours de langue (voir Riel, 1990). Dans le cadre de l'un de ces projets, d'une durée d'une année scolaire, des élèves de divers endroits des États-Unis ont créé ensemble un «Réseau de chroniques par ordinateur» centrées sur l'actualité locale. Les cours portant sur la composition mettaient l'accent sur des activités authentiques de rédaction, en vue de la préparation des chroniques, et offraient aux élèves de nombreuses occasions de participer à la révision des textes d'autres élèves. À la fin de l'année scolaire du projet et de l'année précédente, on a testé, au moyen du *Comprehensive Test of Basic Skills*, les habiletés des élèves en lecture, en rédaction et en mathématiques.

Une comparaison des résultats obtenus a démontré que les élèves avaient, en moyenne, effectué un bond de trois ans dans la maîtrise de la syntaxe et de deux ans dans celle de l'expression linguistique. Cependant, comme on pouvait s'y attendre, les résultats au même test n'ont révélé qu'un gain d'environ un an en lecture et en mathématiques. Dans un autre projet, les élèves d'années scolaires similaires ont correspondu durant un an avec des professeurs et des étudiants d'université et des enseignants et des élèves de l'enseignement secondaire dans le cadre d'un forum électronique où l'on s'intéressait à divers sujets scientifiques et sociaux. Les tests normalisés de lecture et de capacité à rédiger auxquels ont été soumis les élèves à la fin

de l'année ont démontré que ceux-ci avaient dépassé de deux ans le niveau prévu en compréhension de textes et d'un an et demi en vocabulaire et en compréhension écrite.

Toutefois, en épellation et en syntaxe, ils se situaient à moins d'un an au-dessus du niveau attendu. Ces résultats, où il ressort que c'est dans leur habileté à lire que les élèves ont fait le plus de progrès, paraissent refléter la nature de la participation des élèves au forum électronique, à savoir que, les élèves les plus jeunes se retrouvant avec des élèves plus âgés et des adultes, ils ont lu beaucoup plus de messages qu'ils n'en ont produits.

d) Les résultats obtenus avec CSILE (voir Première constatation, d) ont démontré l'existence d'une relation avec des apprentissages spécifiques en utilisant des EAO. Sur des tests standardisés de capacités générales en lecture/écriture et en mathématiques (*Canadian Test of Basic Skills*), les élèves du projet CSILE ont démontré une maîtrise de la langue supérieure aux élèves d'un groupe témoin, mais une maîtrise seulement équivalente en mathématiques, ce qui reflète le fait que CSILE a été utilisé principalement dans des domaines comme les sciences humaines, où la langue joue un rôle de premier plan (Scardamalia, Bereiter et Lamon, 1994).

e) Dans une étude réalisée en Nouvelle-Zélande, l'utilisation de l'ordinateur paraît bien avoir contribué, avec d'autres innovations pédagogiques, à augmenter l'apprentissage des élèves en anglais, en mathématiques, et en sciences (McKinnon, Nolan, et Sinclair, 1996). Cette étude, qui a duré au total cinq ans, a été effectuée auprès de trois cohortes d'élèves que l'on a suivies au cours de leur 8e, 9e et 10e années d'études. Le projet de formation lancé en même temps que le début de l'évaluation se caractérisait par les trois traits suivants: l'utilisation par chaque élève d'un ordinateur durant au moins trois heures par semaine, des activités extrascolaires et l'intégration des matières de base (anglais, mathématiques, sciences et sciences sociales).

Il reposait aussi sur un certain nombre de principes et de stratégies pédagogiques généralement reconnus comme efficaces dans le corpus actuel de connaissances sur l'éducation : des activités d'apprentissage centrées sur des problèmes et des situations du monde réel, une approche interdisciplinaire en connexion avec ces problèmes et ces situations, une pédagogie centrée sur la maîtrise des apprentissages, une combinaison de travail en petites équipes et de travail individuel, etc. Pour juger des apprentissages proprement scolaires, on s'en est remis aux examens d'anglais, de mathématiques et de sciences du *National School Certificate*. Les élèves du projet ont, sans équivoque, mieux réussi les examens en vue de l'obtention du Certificat que les élèves qui n'avaient pas participé à ce projet.

f) Les apprentissages maîtrisés grâce aux documents produits par le Groupe de l'Université Vanderbilt (vidéos et logiciel de Jasper Woodbury, voir Première constatation, e) ont eu des effets spécifiques sur le transfert des habiletés acquises dans d'autres tâches - ou problèmes - semblables. C'est ainsi que des groupes qui ont utilisé ces documents ont développé une capacité de planification et d'élaboration de sous-objectifs orientée vers la solution d'un problème substantiellement supérieure à celle qu'ils possédaient au début de l'année scolaire, de même qu'à celle d'autres groupes d'élèves qui avaient suivi un programme d'études traditionnel en mathématiques. Toutefois, la capacité d'effectuer des calculs mathématiques s'est accrue également dans tous les groupes. Dans l'ensemble, les groupes pilotes, étant donné leur capacité de se faire une idée plus juste du problème à résoudre, ont résolu un plus grand nombre de problèmes (voir *Cognition and Technology Group at Vanderbilt,* 1996).

2. En relation avec la motivation des élèves

Les nouvelles technologies, du moins pour un temps, suscitent l'intérêt des élèves pour des activités précises d'apprentissage et les amènent à y consacrer plus de temps et d'attention que dans les classes habituelles. C'est ce que mettent en relief les deux constatations ci-après. Cependant, les documents cités dans les «points de repère» contiennent aussi certains éléments très positifs sur l'accroissement de la confiance des élèves dans leurs capacités. À son tour, cette confiance des élèves en eux-mêmes explique sans doute en partie l'attitude spontanément réceptive qu'une forte proportion d'entre eux adoptent face à une activité où la technologie joue un rôle et la persévérance dont ils font preuve dans l'accomplissement de cette activité. Certes, un niveau élevé de motivation facilite, d'une manière générale, l'apprentissage; c'est entre autres important dans les environnements d'apprentissage où les élèves participent activement.

TROISIÈME CONSTATATION :

De l'intérêt pour une activité d'apprentissage

La plupart des élèves manifestent un intérêt spontané plus grand pour une activité d'apprentissage qui fait appel à une technologie nouvelle qu'aux approches coutumières en classe.

Points de repère

a) Le *Center for Research, Evaluation and Training* (CREATE), situé à Burlingame, en Californie, a entrepris, en collaboration avec la compagnie Apple, une étude de trois ans sur le rôle de la technologie éducative dans la réforme de l'éducation destinée aux élèves de la maternelle et des deux premières années du primaire. Au cours de la première année de cette étude, il a plus particulièrement suivi quatre écoles, situées dans autant d'États, qui utilisent, en combinaison avec d'autres ressources didactiques, le didacticiel *Early Language Connections* (ELC) de la compagnie Apple pour l'enseignement de divers aspects de la langue, notamment la lecture et l'écriture. Au cours de l'année, les chercheurs ont rencontré les élèves et le personnel enseignant de 50 classes.

L'une des principales conclusions de cette étude concernant les élèves est qu'ils «sont attirés par la technologie et que leur motivation pour utiliser un ordinateur émane de l'intérieur d'eux-mêmes. Que ce soit pour terminer un travail obligatoire ou entreprendre une activité de leur choix, les élèves ont toujours hâte qu'arrive leur tour d'utiliser un ordinateur. Lorsqu'on leur propose de choisir parmi plusieurs activités en classe, le travail avec un ordinateur est toujours l'option la plus populaire. Aussi, le personnel enseignant a affirmé aux chercheurs que les élèves étaient plus productifs et que leurs compositions étaient meilleures et plus longues qu'auparavant» (Guthrie and Richardson, 1995, p. 16. Voir aussi, sur ce dernier point, Dwyer, 1994, p. 6 et les références de la note 4 de son texte).

b) Le rapport substantiel publié en 1995 par *l'Office of Technology Assessment* confirme l'effet de motivation que l'utilisation de la technologie produit auprès des élèves de tout âge (voir U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 65-66). Parmi les raisons qui contribuent à la motivation des élèves, il y a le fait que la technologie «propose un environnement et présente des contenus d'une manière qui est plus stimulante et sollicite plus directement leur participation que ne le font les manuels et le matériel d'enseignement plus traditionnel» (id., p.

65), qu'elle possède «un pouvoir interactif» (ibid.) et qu'elle permet aux élèves de s'engager «dans des activités qui les invitent à créer et à partager avec d'autres» (id., p. 66).

c) Altun (1996) a réalisé une étude auprès d'élèves de 14 à 17 ans inscrits dans les deux dernières années du premier cycle du secondaire d'un collège de l'Angleterre. Cette étude démontre également, quoique par une voie très différente, l'intérêt que suscite la technologie auprès de jeunes élèves. Dans ce cas, on a mesuré l'anxiété ressentie par 82 élèves qui ont effectué certains apprentissages en sciences à l'aide d'un vidéo interactif. Dans les circonstances, on doit comprendre ainsi l'interactivité du matériel mis à la disposition des élèves : à l'aide d'un crayon optique, ceux-ci pouvaient faire apparaître un certain nombre d'images, de sons, de figures et de textes, mais ils ne pouvaient pas utiliser les fonctions «avancer», «reculer», «arrêt sur l'image» et «image au ralenti» de l'appareil.

Le taux d'anxiété s'est avéré faible. Il en a été de même aussi bien pour les garçons et les filles que pour les élèves classés comme forts, moyens ou faibles par leur enseignant (même si le groupe des élèves forts a manifesté un degré d'anxiété légèrement plus élevé que les deux autres). On attribue ces résultats à la convivialité et à l'interactivité, réelle malgré ses limites, de la technologie utilisée. Pour de jeunes apprenants, Altun (1996) souligne par exemple, le fait d'utiliser un crayon optique pour faire apparaître divers types d'images peut avoir été perçu comme «agréable et motivant». «De plus, poursuit-il, la crainte de commettre des erreurs pourrait avoir été considérablement réduite par la possibilité qu'avaient les élèves de revoir autant de fois qu'ils le désiraient n'importe quelle partie du contenu» (p. 310).

d) Underwood, Cavendish et Lawson (1996) ont procédé à l'évaluation en bonne et due forme d'un système intégré d'apprentissage (*Integrated Learning System*) implanté depuis deux ans dans un groupe d'écoles primaires et secondaires (leur nombre n'est pas précisé). Ce système, d'origine américaine, est connu sous le nom de *CCC's Success Maker.* Selon les auteurs, un système intégré d'apprentissage comprend trois composantes essentielles : des contenus d'apprentissage, un système d'enregistrement et un système de gestion. En plus de proposer à l'élève un ensemble considérable d'activités d'apprentissage, un tel système enregistre et interprète ses réponses, lui fournit une rétroaction et conserve en permanence son dossier à jour. Celui-ci, accessible à l'enseignant, permet alors des interventions dans la ligne d'un enseignement individualisé.

Les résultats de cette évaluation démontrent que, après deux ans, les élèves demeurent intéressés à travailler avec le système *CCC's Success Maker.* Une enseignante résume ainsi la situation sur ce point : «Les élèves aiment être en compétition avec eux-mêmes. Ils sont heureux d'aborder de nouveaux sujets dans un environnement qui ne les menace pas et ne les juge pas. Même si le système corrige les erreurs et impose des punitions, cela n'est pas personnellement offensant comme ce l'est souvent dans une classe» (p. 958).

QUATRIÈME CONSTATATION :

Le temps et l'attention consacrés à des activités d'apprentissage

Le temps d'attention soutenue ou de concentration que la majorité des élèves sont prêts à consacrer à des activités d'apprentissage est plus élevé lorsqu'ils utilisent une technologie nouvelle que dans le cadre et avec les moyens traditionnels.

Points de repère

a) Il existe de nombreux systèmes d'apprentissage intégrés où l'ordinateur joue un rôle central. Ces systèmes contribuent à l'enseignement d'une ou de plusieurs matières et au développement de diverses habiletés chez les élèves. Ils incluent habituellement un programme de gestion des apprentissages; la présence d'un tel programme constituerait même «l'une de leurs caractéristiques essentielles» (Van Dusen and Worthen, 1995, p. 28). Le genre de leçons et de ressources autres que proposent aux élèves ces systèmes dépend beaucoup de la conception de l'apprentissage sur laquelle ils s'appuient (le behaviorisme dans un cas et le constructivisme dans un autre, par exemple).
Selon les résultats d'une étude nationale américaine d'une durée de deux ans, confirmée par des études particulières dans plusieurs districts scolaires, ces systèmes sont très fréquemment sous-utilisés ou mal utilisés. Cependant, dans les cas, encore peu nombreux, où on en fait un usage approprié, «ils disposent du potentiel requis pour transformer la classe en un meilleur environnement d'apprentissage» (id., p. 30).

Parmi les domaines où des changements peuvent se produire, figure en premier lieu le temps de concentration sur une activité d'apprentissage. Parce qu'ils aiment travailler avec un ordinateur, qu'ils peuvent progresser à leur propre rythme et qu'ils reçoivent une rétroaction immédiate sur ce qu'ils font, «les élèves demeurent concentrés plus longtemps» (ibid.). Selon cette étude, effectuée par le *Western Institute for Research and Evaluation*, rattaché à l'Université d'État de l'Utah à Logan, ce temps d'application soutenue est, en moyenne, de près de 20% plus élevé lorsqu'on utilise correctement un système d'apprentissage intégré que dans une classe traditionnelle (voir Van Dusen and Worthen, 1995, p. 31).

b) Collins (1991) écrit qu'il s'avère très difficile de prévoir les effets des nouvelles technologies sur le système scolaire, mais qu'il est quand même d'ores et déjà possible d'en anticiper un certain nombre. Parmi les huit tendances qu'il décrit à partir de la documentation existante et de ses propres observations dans des écoles, l'une porte sur la participation accrue des élèves à leur formation. Elle est ainsi formulée : «Dans les endroits où des ordinateurs ont été mis à la disposition des élèves dans le cadre d'activités ou de projets de longue durée, les chercheurs ont noté des progrès étonnants dans l'engagement des élèves» (p. 29). Lorsque ceux-ci effectuent une activité d'apprentissage avec un ordinateur, on remarque qu'ils sont prêts à lui consacrer plus d'énergie et de temps (voir id., p. 30).

3. En relation avec le rapport des élèves avec la connaissance

Sous bénéfice d'un inventaire plus poussé, il ressort de la recherche effectuée qu'il s'avère difficile de parler de l'apport des nouvelles technologies sur l'apprentissage réel des élèves sans remarquer qu'elles provoquent des changements notables dans leur façon même d'aborder la connaissance et de l'intégrer à ce qu'ils savent déjà. C'est du moins ce que semble démontrer, à partir d'expériences concrètes, le contenu des trois sous-thèmes de cette section : Le développement de l'esprit de recherche, Une collaboration élargie entre personnes et Des apprentissages plus intégrés et mieux maîtrisés.

CINQIÈME CONSTATATION :

Le développement de l'esprit de recherche

Les nouvelles technologies ont le pouvoir de stimuler la recherche d'une information plus complète sur un sujet, d'une solution plus satisfaisante à un problème et, d'une manière générale, d'un plus grand nombre de relations entre diverses connaissances ou données.

Points de repère

a) Les chercheurs Lafer et Markert (1994) ont évalué les activités d'enquête dans plusieurs classes d'écoles primaires, introduisant l'ensemble *Lego TC Logo* dans les cours de sciences. Cet ensemble comprend les blocs de construction Lego bien connus, du matériel complémentaire (roues, moteurs électriques, «senseurs» électroniques, etc.) et des ordinateurs. En petits groupes, les élèves construisent l'une ou l'autre machine et utilisent le langage Logo pour concevoir des programmes qui en assurent le contrôle. Le but de cette activité est de familiariser les élèves avec les concepts de base du génie et de la programmation d'ordinateurs. L'évaluation que l'on en a faite s'appuie sur l'enregistrement de conversations entre élèves effectué pendant le déroulement de travaux en groupes, de l'observation, l'analyse de cahiers de notes et des entrevues avec des élèves et des membres du personnel enseignant.

L'élève construit un véhicule quelconque et prévoit qu'il fera un certain nombre de tours sur un circuit donné. Il en fait davantage! Pourquoi? Voilà, parmi beaucoup d'autres, un exemple d'une situation qui pique la curiosité des participants. Pour régler le «problème», il devient alors nécessaire de mieux comprendre ce qui se passe et de réunir de nouvelles informations. Ainsi, pour atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés, les élèves doivent constamment ajuster la construction de leurs machines et la programmation de l'ordinateur. Les responsables de l'évaluation qualifient de «fort» le désir des élèves de trouver une solution (Lafer and Markert, 1994, p. 86).

Les élèves «sont réellement perplexes» lorsque quelque chose ne fonctionne pas comme ce qu'ils avaient prévu (id., p. 87), cela «les pousse à poursuivre leur recherche pour trouver une solution» (ibid.). «Il ressort des observations faites et de la transcription des enregistrements, concluent les responsables de l'évaluation, que, pour atteindre les objectifs des activités prévues, les élèves ont été amenés à rechercher de nouvelles informations et à appliquer ce qu'ils savaient déjà» (p. 91). Les résultats globaux de l'évaluation indiquent que, dans son ensemble, le *Lego TC Logo* constitue un excellent moyen pour créer une situation d'apprentissage «authentique», soit une situation que l'élève perçoit comme pouvant être modifiée par les décisions qu'il prend et les gestes qu'il pose. Plus spécifiquement, ces résultats montrent, entre autres, que l'ensemble *Lego TC Logo* a la capacité de développer chez les élèves un esprit de recherche et, plus encore semble-t-il, des attitudes de coopération (sur ce dernier point, voir Sixième constatation, c).

b) Heidmann, Waldman et Moretti (1996), trois des principaux responsables du *New Laboratory for Teaching and Learning* (NLTL) amenés à développer le logiciel multimédia *Archaeotype* (sur ce dernier point, voir Première constatation, c), résument ainsi la façon dont ils voient la contribution d'un tel logiciel au développement de l'esprit de recherche chez les élèves : «Les technologies multimédias rendent possible la création d'environnements en ayant une perspective constructiviste sur l'apprentissage. Au lieu d'une information pré-interprétée et diluée, elles mettent à la disposition des élèves des documents originaux. Elles fournissent des

outils pour l'exploration de ces documents, de telle sorte que les élèves sont en mesure d'aborder et d'approfondir un sujet en se posant de vraies questions. Au cours d'un tel processus, les élèves scrutent les structures du savoir connu et en créent de nouvelles, et ce aussi bien à travers l'exploration que l'évaluation critique d'un sujet» (p. 301).

c) Dans une étude réalisée par McKinnon, Molan et Sinclair (1996) en Nouvelle-Zélande, une quantité considérable de données a été recueillie afin d'évaluer les effets, avec d'autres innovations pédagogiques, de l'utilisation de l'ordinateur en classe et des conséquences sur l'apprentissage, entre autres, sur le développement et le soutien de cette curiosité intellectuelle et de cet esprit de recherche jugés si importants dans la formation des jeunes (voir Deuxième constatation, e), en plus d'examiner la motivation des élèves et leurs attitudes face à l'ordinateur.

L'une des conclusions majeures que les auteurs dégagent de leur étude est la suivante : «L'utilisation régulière de l'ordinateur n'a pas seulement donné aux élèves du projet une "compétence technologique"; elle les a aussi habilités à devenir des "producteurs de connaissances» (p. 465). On signale également que, à la faveur de ce projet, «on a vu apparaître des processus d'enseignement et d'apprentissage peu courants dans les classes des écoles secondaires habituelles» (ibid.). Enfin, en s'inspirant de John Dewey, on note, entre autres, que les élèves concernés «avaient tendance à considérer leur travail comme une activité de caractère public susceptible d'être soumis à l'examen et aux commentaires de leurs enseignants et de leurs pairs» et qu'ils étaient d'accord, de même que leurs enseignants, «pour reconnaître que les élèves devaient participer activement et, si la situation s'y prêtait, participer ensemble à l'élaboration et à l'évaluation de leurs connaissances» (ibid.).

SIXIÈME CONSTATATION :

Une collaboration élargie entre personnes

L'utilisation de nouvelles technologies favorise la collaboration entre élèves d'une même classe et entre élèves ou classes d'écoles différentes, proches ou lointaines, à des fins de sensibilisation à d'autres réalités, d'accès à des connaissances pertinentes non strictement définies à l'avance et de réalisation de projets ayant une portée réelle pour les élèves eux-mêmes et, éventuellement, d'autres personnes.

Points de repère

a) L'utilisation d'un ordinateur en liaison avec un ou plusieurs réseaux d'ordinateurs externes à une école offre de nombreux avantages. Ainsi, comme l'a bien montré le populaire *National Geographic Kids Network*, au sein duquel les élèves conduisent des expériences scientifiques tout en recueillant des données utiles à des recherches en cours, «des projets effectués en collaboration sont possibles entre écoles ... De même, élèves et enseignants ou enseignantes peuvent obtenir instantanément de l'information concernant leurs projets d'une grande diversité de sources» (Newman, 1994, p. 58).

b) La première phase du projet *Apple Classrooms of Tomorrow* (ACOT) a duré dix ans (1985-1995). Il a démarré dans des classes, sept dans autant d'écoles différentes du primaire et du secondaire, en 1986. Le nombre d'écoles et de classes a fluctué quelque peu par la suite. On a fait un usage intensif de l'ordinateur et d'une gamme étendue de logiciels, mais on a aussi conservé, surtout dans les premières années, plusieurs méthodes pédagogiques et ressources

traditionnelles (manuels, enseignement direct à tout le groupe, etc.). Ce projet a donné lieu à plusieurs évaluations, tant par des chercheures et des chercheurs de la compagnie Apple que d'autres organismes, ainsi qu'à un suivi systématique (voir Dwyer, Ringstaff and Sandholtz, 1991, Dwyer, 1994 et West, 1995).

L'un des résultats les plus frappants et les plus constants de cette expérience est que l'utilisation que l'on a faite de la technologie n'a pas isolé les élèves les uns des autres, mais a, au contraire, multiplié les relations entre eux. La collaboration autour d'une gamme étendue d'activités d'apprentissage, souvent intellectuellement exigeantes et d'une certaine ampleur et durée, est même devenue, avec les années, l'une des principales caractéristiques du projet ACOT. Cette évolution a entraîné, entre autres, un climat de travail durable, un aménagement du temps consacré aux activités éducatives plus respectueux des rythmes individuels et de la nature des activités et des connexions de plus en plus nombreuses entre les matières et avec la réalité. (Voir id.).

c) L'évaluation de l'ensemble *Lego TC Logo* (voir Cinquième constatation, a), par Lafer et Markert (1994), a abouti à des résultats au moins en partie similaires concernant la collaboration entre élèves de l'enseignement primaire. Pour harmoniser le fonctionnement de machines construites avec des blocs Lego et du matériel complémentaire et une programmation sur ordinateur, les participants et les participantes ont dû apprendre à résoudre des conflits et à s'entraider. Le vif désir de trouver des solutions aux difficultés rencontrées a accru l'interdépendance et la collaboration entre eux. Chacun est devenu une ressource aussi bien pour découvrir les causes de ces difficultés que pour leur trouver des solutions.

Les chercheurs qui ont évalué cette expérience notent qu'il y a eu quelques conflits entre élèves, mais soulignent que de telles interactions sociales jouent un rôle important dans le développement de la capacité de penser. «Quand il n'y a pas d'idées qui s'affrontent, affirment-ils, il n'y a guère d'incitation à remettre en cause celles que l'on possède déjà» (Lafer and Markert, 1994, p. 89). Les chercheurs ont aussi été particulièrement frappés par le fait que, à la faveur de cette expérience, les élèves ont appris à coopérer dans le cadre de situations d'apprentissage qui avaient un sens pour eux. Cette coopération, font-ils remarquer, «a évolué à partir d'une réponse à un besoin ... On l'a comprise comme un moyen pour accomplir un travail» (ibid.). En conséquence, on n'a pas seulement «acquis» les normes inhérentes à la coopération; on les a «effectivement mises en oeuvre» à travers des situations réelles (ibid.).

d) Brownell et McArthur (1996) ont communiqué les résultats préliminaires de l'évaluation d'une expérience semblable réalisée dans une classe de 6e année. Dans ce cas, l'enseignante disposait comme matériel d'un ordinateur, d'un logiciel *Lego TC Logo*, de sept moteurs et de blocs Lego de diverses grosseurs et formes. En tentant cette expérience, elle voulait sensibiliser ses élèves au concept de robotique, leur faire pratiquer certaines habiletés en mathématiques et leur donner l'occasion de travailler en équipe (une quasi-nouveauté dans le cas de ce groupe d'élèves). Chaque jour, durant quatre semaines, les élèves, divisés en groupes de deux à quatre, disposaient de temps pour fabriquer un objet mobile qui devait avoir une fonction précise. Les chercheurs ont recueilli de deux manières leurs données en vue de l'évaluation: par de l'observation en classe et des interviews auprès de tous les élèves et de l'enseignante. Les résultats, quoique encore préliminaires, démontrent que, autant pour l'enseignante que pour les élèves, l'un des principaux domaines dans lequel il y a eu apprentissage est celui de l'interaction sociale (p. 271).

e) La plupart des logiciels éducatifs sont conçus en vue d'une utilisation individuelle. Toutefois, dans les écoles, il n'est pas toujours possible de disposer de tout l'équipement nécessaire à cette fin; on doit donc, par exemple, demander à deux élèves de travailler ensemble avec un seul ordinateur. Dans ce contexte, il devient particulièrement important de caractériser les

interactions qui se produisent entre les élèves eux-mêmes, ainsi qu'entre les élèves et l'environnement d'apprentissage mis à leur disposition (principalement l'ordinateur et une manette, mais aussi des feuilles de directives et de travail).

McLellan (1994) signale une étude de grande échelle sur les interactions des élèves qui utilisent la technologie. Dans cette étude 38 élèves d'une école secondaire américaine inscrits dans un cours-laboratoire en astronomie ont été appelés à travailler avec un logiciel de simulation dénommé *Sky Travel*. Deux à deux, avec un compagnon ou une compagne de leur choix, les élèves devaient procéder à une série d'observations, les interpréter, dégager les points communs entre les phénomènes étudiés et formuler des hypothèses. Afin de recueillir le maximum de données sur les interactions des élèves, soit de caractère social, soit avec un objet du matériel d'apprentissage, on a utilisé plusieurs moyens différents : observation systématique, entrevues, etc. Par la suite, ces données ont été compilées et analysées avec les méthodes scientifiques jugées les plus appropriées.

Les 23 types d'interactions repérés ont été regroupés en quatre catégories, selon qu'elles se caractérisaient respectivement par une communication verbale, un geste ou une action du bras ou de la main, un déplacement ou une attention paticulière portée à tel ou tel objet (v.g. la lecture d'une feuille de directives) ou à rien de particulier. On a considéré séparément le fait que, dans la plupart des cas, l'un des partenaires utilisait le clavier et la manette beaucoup plus souvent que l'autre.

L'analyse des résultats indique que les échanges entre les élèves sont fréquents et substantiels, que, en cas de difficulté, l'on fait d'abord appel à son ou à sa partenaire plutôt qu'à l'enseignant et que celui qui travaille plus fréquemment avec l'ordinateur intervient plus souvent sous la forme de réponses ou d'explications alors que l'autre élève pose davantage de questions.

Dans l'ensemble, les élèves sont concentrés sur le travail à faire et se laissent peu distraire, même par leur partenaire. Toutefois, les élèves qui utilisent le moins l'ordinateur sont, en moyenne, légèrement moins attentifs que les autres. Les résultats de cette évaluation montrent aussi que les équipes entrent souvent en contact avec celles qui les entourent; ainsi, on se lève pour aller regarder ou pointer l'un ou l'autre écran et discuter des variations observées. À l'occasion, après discussion, on entre une donnée dans l'ordinateur d'une équipe voisine. On agit ainsi pour s'entraider, mais aussi, parfois, pour faire une simple vérification. Cette façon d'agir accroît sensiblement l'information dont peuvent disposer les élèves pour accomplir leur travail. Il ressort donc de cette étude que le travail de deux élèves avec un même ordinateur peut s'avérer très positif; il contribue en particulier à développer une capacité d'interaction sociale, elle-même jugée indispensable pour la maîtrise de certaines habiletés intellectuelles et la réalisation de certaines tâches (voir McLellan, 1994).

f) L'une des tendances décrites en 1991 par Allan Collins (voir Quatrième constatation, b) confère un sens élargi à l'intégration des normes inhérentes à la coopération entre élèves dont il est question à la fin du paragraphe c) ci-haut. Cette tendance est à l'effet que l'utilisation de la technologie dans le système scolaire est de nature à transformer la structure sociale de compétition que l'on y trouve présentement en «une structure sociale de coopération» (p. 30). Parmi les travaux qu'il cite à l'appui de son affirmation, il y a ceux du projet *Apple Classrooms of Tomorrow* (voir ci-haut, b) et de Marlene Scardamalia, de l'*Ontario Institute for Studies in Education*, et de ses collègues à l'origine du projet *Computer Supported Intentional Learning Environments* (CSILE). À l'intérieur de cet environnement relativement développé, «les élèves commentent les notes écrites par tout un chacun et disent ce qu'ils pensent et ce qu'ils ne comprennent pas» (p. 30).

SEPTIÈME CONSTATATION :

Des apprentissages plus intégrés et mieux maîtrisés

Les possibilités de simulation, de manipulation virtuelle, de jonction rapide entre des données très variées, de représentation graphique et autres qu'offrent les nouvelles technologies contribuent à une mise en relation des connaissances avec diverses dimensions de la personne et assurent ainsi une maîtrise plus poussée de nombreux apprentissages.

Points de repère

a) Dans l'une des écoles secondaires du projet *Apple Classrooms of Tomorrow* (ACOT) (voir Sixième constatation, b), on a suivi de la 9e à la 12e année un groupe d'étudiants et d'étudiantes faisant partie du projet et, à la fin de la 12e année, on a comparé leurs apprentissages avec ceux des autres finissants et finissantes de l'école. Les résultats démontrent de grandes différences «dans la manière dont les étudiants et les étudiantes du groupe ACOT organisent et accomplissent leur travail. Ceux-ci manifestent une capacité spontanée à adopter une attitude de recherche, à collaborer avec d'autres, à utiliser la technologie et à résoudre des problèmes qui est peu courante parmi les diplômés des autres groupes» (Dwyer, 1994, p. 8). Le responsable immédiat du projet ACOT poursuit en soulignant la parenté qui existe entre ces habiletés et les habiletés requises dans le monde du travail qu'a proposées la Commission SCANS (une commission mise sur pied par la secrétaire au Travail du gouvernement américain et dont le rapport préliminaire paru en 1991 et le rapport final paru en 1992 ont soulevé un vif intérêt, aussi bien dans les milieux de l'éducation que dans le monde du travail).

b) Barron et Goldman (1994) rapportent comme faisant l'objet d'un large consensus parmi les spécialistes du développement de prototypes et les chercheurs dans le domaine de l'intégration des médias les points suivants : i) "l'intégration des vidéos avec des textes et des éléments d'information provenant d'autres médias crée un environnement très favorable à l'approfondissement d'un sujet et à la résolution de problèmes par les élèves" (p. 87); ii) "les liaisons non linéaires entre les éléments d'information rendent possible l'examen d'une question selon de multiples perspectives, ce qui permet aux élèves d'organiser leur savoir d'une manière qui en facilite la rétention et le transfert" (ibid. Voir aussi p. 100); iii) "lorsque les outils appropriés sont disponibles, les apprenants peuvent créer leurs propres produits multimédias et, ainsi, participer eux-mêmes à l'interprétation et à la production d'un savoir" (p. 87). Les auteurs dégagent comme conclusion qu'une technologie où les médias sont intégrés «fournit une source d'information plus riche et un véhicule plus efficace pour l'analyse et l'approfondissement d'un sujet que ne le fait une vidéocassette, que l'on visionne habituellement passivement» (p. 91).

II. LES CONSÉQUENCES D'UNE UTILISATION APPROPRIÉE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES SUR LA FONCTION D'ENSEIGNEMENT DES ENSEIGNANTS

Introduction

Les trois thèmes retenus dans cette partie constituent la base d'un schéma cohérent qui décrit la fonction centrale de l'enseignant et de l'enseignante : l'enseignement à un groupe d'élèves. Ces thèmes sont:

- la préparation ou la planification d'un enseignement,
- l'enseignement proprement dit ou l'intervention auprès d'un groupe d'élèves
- et l'évaluation des apprentissages.

Ils correspondent à des étapes logiques de l'activité d'enseignement, mais ils en sont aussi des dimensions qui se recoupent de plusieurs manières. Les évaluations et les essais brièvement évoqués dans les points de repère qui suivent semblent démontrer que, sous l'influence des nouvelles technologies, ces recoupements sont de plus en plus nombreux et complexes.
Dans l'enseignement traditionnel, l'apprentissage de l'élève dépend dans une large mesure de l'activité de l'enseignant. Que se passe-t-il lorsque surviennent les nouvelles technologies? La première partie de cette revue documentaire a commencé à répondre à cette question en se préoccupant de l'apprentissage de l'élève; cette deuxième partie le fait en se préoccupant de l'activité d'enseignement de l'enseignant. Quelles conséquences l'utilisation des nouvelles technologies a-t-elle sur cette activité? Sur quoi et jusqu'à quel point la remet-elle en cause dans son contenu et les formes qu'elle emprunte habituellement? Telles sont les questions-clefs qui délimitent le champ d'exploration de cette deuxième partie.

Dans de nombreux cas, les nouvelles technologies ne changent pas grand-chose dans l'apprentissage des élèves, ni dans l'activité de l'enseignant, car on n'utilise qu'une infime proportion de leurs pouvoirs (voir, par exemple, Ford, Poe and Cox, 1995). C'est pourquoi il a été jugé nécessaire, dans le titre de cette partie, de qualifier d'«appropriée» l'utilisation des nouvelles technologies qui feront l'objet d'attention dans cette revue documentaire. Toutefois, il ne faut pas interpréter ce terme de manière trop absolue, car il est certain aussi que des recherches sont nécessaires pour établir ce que signifie l'expression «une utilisation appropriée».

4. En relation avec la planification de l'enseignement

Selon les documents étudiés pour ce rapport, deux remarques peuvent s'avérer utiles en guise d'introduction à ce thème. La première veut attirer l'attention sur le fait que, dans d'assez nombreux cas où les nouvelles technologies occupent une place, une partie de l'activité habituelle de planification, qui peut être substantielle, se déplace vers les lieux où on produit des didacticiels, des ensembles vidéo et documentaires, des vidéodisques, des systèmes d'apprentissage intégrés ou d'autres ressources didactiques. Quant à la seconde remarque, elle reprend une constatation que l'on retrouve, sous une forme ou sous une autre, dans plusieurs des documents cités dans le présent rapport et que l'on peut résumer ainsi :

i) le profit que les élèves tirent de l'utilisation des nouvelles technologies dépend beaucoup, tout au moins actuellement, de la compétence que l'enseignant possède dans ce domaine, ainsi que de son attitude face à une intervention de la technologie dans l'enseignement.

ii) cette compétence et cette attitude dépendent largement, à leur tour, de la formation que le personnel enseignant a reçue sur le sujet.

Or, il faut noter qu'une revue extensive de ces deux vastes sujets - les nouveaux lieux de planification détaillée de l'enseignement et la formation du personnel enseignant - se situe au-delà du cadre fixé pour cette recherche documentaire.

Nonobstant ce qui vient d'être dit, il reste que la planification immédiate de l'enseignement - c'est à dire, la préparation de l'enseignant et de l'enseignante des tâches et matériaux didactiques pour ses élèves- demeure un thème que l'on ne peut éviter. Ce thème est ci-après développé selon les trois sous-thèmes suivants: **i)** l'information sur de nouvelles ressources didactiques et la disponibilité d'un soutien pour leur utilisation, **ii)** la collaboration de l'enseignant ou de l'enseignante avec d'autres personnes, et **iii)** l'orientation de la planification.

HUITIÈME CONSTATATION :

L'information sur de nouvelles ressources didactiques et la disponibilité d'un soutien pour leur utilisation

Par l'intermédiaire des nouvelles technologies, l'enseignant obtient rapidement des renseignements sur la disponibilité et l'intérêt d'une grande diversité de ressources didactiques et, en outre, bénéficie souvent d'un soutien pour leur utilisation.

Points de repère

a) Dans le chapitre qu'il consacre à ce que promet la technologie aux enseignants, le rapport préparé pour le Congrès américain (voir Troisième constatation, b) signale que les nouvelles technologies permettent aux enseignants et aux enseignantes, par exemple, d'entrer en mémoire en quelques minutes un article paru dans le journal du matin et de demander à leurs élèves «de pousser plus loin au cours de la journée la recherche sur le même sujet» (U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 59), «de parcourir le catalogue de la bibliothèque locale pour savoir quels livres sont disponibles en relation avec tel ou tel thème de recherche» (ibid.), «de prévisionner un document pour voir s'il est approprié pour les élèves d'un degré donné» (ibid.), d'établir un contact, parfois même instantanément et simultanément, entre leurs élèves et un poète, un responsable religieux ou d'autres élèves qui se trouvent «à un coin de rue ou à l'autre bout du monde» (U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 60) ou «d'avoir accès très rapidement à des classes qui partagent avec la leur un intérêt pour le même sujet» (ibid.).

De même, des projets tels que *Kids Network* (voir Sixième constatation, a), *Global Lab* et *Kids as Global Scientists* «peuvent fournir au personnel enseignant le contenu, de même que le matériel d'accompagnement, l'appui organisationnel et l'aide technique dont ils peuvent avoir besoin pour utiliser les télécommunications dans leur programme d'études et leurs leçons» (U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 61). Plusieurs autres utilisations sont possibles (voir id., p. 75-77).

NEUVIÈME CONSTATATION :

La collaboration de l'enseignant ou de l'enseignante avec d'autres personnes

Les nouvelles technologies facilitent la collaboration de l'enseignant ou de l'enseignante avec des collègues, ainsi qu'avec d'autres personnes, de l'intérieur ou de l'extérieur du système d'enseignement, pour la planification ou l'élaboration d'activités d'apprentissage destinées aux élèves.

Points de repère

a) Les enseignantes et les enseignants utilisent de plus en plus le courrier électronique. «Ils ont de bonnes raisons d'agir ainsi : en effet, ils ont par ce moyen accès à des réseaux de télécommunications, locaux ou plus étendus, qui les mettent en contact avec d'autres éducateurs, experts, scientifiques et praticiens avec lesquels ils peuvent discuter de leur pratique professionnelle, des développements en cours dans leur domaine et de leurs expériences en classe. En outre, un nombre croissant de réseaux composés surtout d'enseignants leur permet d'entrer en relation de multiples manières avec d'autres personnes» (U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 78. Voir aussi p. 55-56 et 87).

b) Les résultats préliminaires concernant les échanges des enseignants par courrier électronique sur les matériaux didactiques de Jasper Woodbury ont révélé un niveau d'utilisation plus bas que prévu (Cognition and Technology Group, 1996). Les enseignants participants à l'implantation et à l'évaluation des matériaux ont été équipés de "modems" et de comptes commerciaux pour se contacter et communiquer avec des universités et des commerces participants à la recherche. Néanmoins, l'utilisation de ce service par les enseignants a été relativement minime. Ce résultat suggère que l'utilisation efficace et soutenue d'une telle télécommunication dépend, non seulement de la technologie même, mais aussi de la perception qu'ont les participants de se retrouver au sein d'une véritable communauté éducative qui travaille et développe un curriculum faisant appel aux nouvelles technologies.

DIXIÈME CONSTATATION :

L'orientation de la planification

La planification de son enseignement par l'enseignant ou l'enseignante exige une harmonisation avec l'orientation pédagogique qu'il ou qu'elle privilégie, les apprentissages que l'élève est appelé à faire et les caractéristiques de la technologie utilisée. Toutefois, l'obtention de résultats positifs semble favorisée lorsque l'approche pédagogique retenue possède certains traits bien déterminés : une préoccupation pour une maîtrise des apprentissages en connexion avec le réel, la collaboration entre élèves, etc.

Points de repère

a) L'étude de la conception des systèmes d'enseignement assistés par ordinateur (EAO), notamment la manière dont on structure les divers éléments de ces ensembles et les fins auxquelles on veut les faire servir, est un domaine encore peu développé. Ainsi, si l'on se reporte à un texte d'Allan Collins (1996), où celui-ci s'interroge sur les questions qui sous-tendent la conception d'environnements favorables à l'apprentissage, on constate qu'il fait état de plusieurs considérations de fond dont les pédagogues devraient tenir compte lorsqu'ils conçoivent ou choisissent, par exemple, un environnement EAO (par exemple: celui-ci doit-il favoriser un apprentissage limité sur beaucoup de choses ou en profondeur sur peu?), mais, comme l'auteur lui-même le fait remarquer, la plupart de ces questions ont un caractère général et devraient faire l'objet d'attention dans la conception de tout environnement d'apprentissage, informatisé ou non.

Chose certaine toutefois, il existe des systèmes d'apprentissage qui font le lien entre les activités éducatives et ce qui est attendu des documents pédagogiques (entendre ici logiciels). Ainsi, dans la taxonomie de Peled, Peled et Alexander (1994), la maîtrise de savoirs de base est mise en relation avec les documents pédagogiques qui sont centrés sur des exercices et des travaux pratiques; on procède de cette façon parce que, dans ce cas, les documents pédagogiques ont pour fonction d'aider l'utilisateur à parvenir à une organisation appropriée de l'information à maîtriser et de lui fournir une rétroaction systématique sur le niveau de maîtrise qu'il a atteint.

À l'autre extrémité de l'échelle, la taxonomie proposée relie les activités éducatives qui impliquent l'analyse et la synthèse de connaissances avec des outils «ouverts» tels que les logiciels de traitement de texte, parce que l'une de leurs principales caractéristiques est le fait que c'est l'utilisateur lui-même qui fournit le contenu. L'utilité de telles taxonomies provient de la classification générale qu'elles proposent des divers types de documents pédagogiques en fonction de différentes activités éducatives. Dans ce champ d'étude qu'est la conception de systèmes d'apprentissage, la vraie question consiste cependant à savoir comment on peut accroître la capacité d'analyse et de synthèse de connaissances d'élèves à l'aide de moyens qui sont intégrés dans l'ensemble technologique lui-même au point de le caractériser.

Voici quelques exemples établissant une relation entre des résultats d'apprentissage et les possibilités qu'offrent les nouvelles technologies. Riel, dans une étude parue en 1990, montre que le fait d'écrire une histoire pour un public réel dans le cadre d'un système de communication informatique, plutôt que pour les fins d'une réussite scolaire seulement, améliore la qualité du texte produit. Les caractéristiques du courrier électronique du système informatique, où il y a un lecteur réel et possibilité d'une réponse immédiate, donnent une plus grande signification à l'activité.

De même, dans le projet CSILE, étant donné la disponibilité d'un graphiciel que l'on peut annoter et relier à d'autres textes, les élèves peuvent plus facilement que dans une classe ordinaire expliquer des phénomènes dynamiques (la dérive des continents, par exemple) (voir Scardamalia, Bereiter and Lamon, 1994). L'expérience du Groupe de l'Université Vanderbilt (voir Première constatation, e) fournit un troisième exemple. Le niveau de réussite démontré dans l'analyse et la compréhension de problèmes par les élèves dépend de l'utilisation de documents multimédias qui présentent des problèmes réels d'une certaine complexité et que les élèves peuvent rattacher aux personnages mis en scène (Cognition and Technology Group, 1996).

b) Ensemble, les environnements d'apprentissage CSILE et Jasper Woodbury ont fait bénéficié l'apprentissage et le rendement des élèves et ont explicitement incarné les caractéristiques des systèmes d'enseignement assistés par ordinateur fondés sur une analyse des résultats obtenus par les élèves dans leurs apprentissages. Ainsi, la conception de ces environnements mérite-t-elle une description additionnelle.

Le projet CSILE reflète une pédagogie qui met l'accent sur la participation des élèves et des enseignants à la construction d'un savoir. En conséquence, il se présente comme un système ouvert à l'intérieur duquel les participants et les participantes introduisent et associent de différentes manières des contenus. La recherche menée par Scardamalia, Bereiter et leurs collègues avec l'environnement d'apprentissage CSILE en est venue à s'appuyer de plus en plus sur une pédagogie qui vise à favoriser chez l'élève la construction d'un savoir qui est durable, qui conduit à la compréhension de phénomènes et de problèmes où l'on s'interroge sur le pourquoi et qu'il est capable d'appliquer dans différentes situations.

L'analogie que Scardamalia et Bereiter utilisent s'inspire de ce qui se passe dans les disciplines universitaires, où la construction du savoir possède un double caractère, public et privé, et est concrétisée et démontrée par des publications, des exposés, des cours, des programmes d'études et d'autres travaux qui ont un caractère public (Scardamalia et Bereiter, 1993).
En conséquence, Marlene Scardamalia et Carl Bereiter proposent de concevoir l'utilisation des nouvelles technologies en respectant les orientations suivantes, ce qu'ils font déjà pour leur compte à travers le projet CSILE.

i) On doit prévoir de la part des participants et des participantes des contributions signées et des contributions anonymes, l'une et l'autre considérées comme publiques, ainsi que des contributions considérées comme privées. Une telle orientation permet de consulter le travail des autres afin de comparer des idées et de se familiariser avec des contenus plus difficiles. Elle fournit aussi un stimulant à une réflexion personnelle et à l'épuration de ses propres idées.

ii) L'équipement utilisé et un système de renvois appropriés doivent permettre de classer, de commenter et de relier entre elles différentes contributions. De telles orientations visent à contrer la «disparition» de l'information accumulée à l'intérieur de fichiers et de dossiers et à empêcher que, en conséquence, elle devienne peu accessible aux élèves pour les aider à approfondir, à juger et à discuter.

iii) On doit aussi prévoir la mention des auteurs des contributions. On peut ainsi attribuer à chaque élève avec assurance et de manière appropriée ses propres idées et constituer un relevé évolutif de sa construction d'un savoir.

iv) Les dispositifs de stockage et de consultation de l'information doivent permettre de situer les diverses contributions dans un contexte communautaire. En adoptant cette orientation, on vise à promouvoir auprès des élèves qui travaillent sur les aspects différents d'un problème une mise en relation des idées apparentées à l'aide d'indices appropriés.

v) On prévoira des modalités variables d'accès, de façon à accommoder des utilisateurs ayant des âges et des acquis différents. Cette orientation, que l'on peut mettre en oeuvre en utilisant des icônes et quelques mots simples, favorise l'accessibilité, de même que les corpus de connaissances ayant un caractère public.

vi) Il importe d'assurer la cohérence de l'information et d'éviter sa surcharge. Cette orientation permet aux élèves de classer, de relier, d'ordonner ou de modifier de quelque autre manière, au fur et à mesure qu'ils s'en servent pour construire leur savoir, les diverses contributions disponibles. La gestion du système doit aussi être telle qu'elle tient les élèves informés des contributions qui ne sont pas utilisées, afin qu'elles puissent être éliminées ou redevenir privées.

vii) Enfin, l'équipement doit prévoir l'accès à des ressources éloignées. Cette orientation, effective à travers la liaison avec des réseaux et la possibilité d'utiliser des disques optiques compacts (DOC), situe la construction de son savoir par l'élève à l'intérieur d'une communauté

plus étendue et plus «authentique» de construction du savoir, qui inclut notamment le monde de l'entreprise et du travail, le domicile et une institution publique telle que le musée.

c) Par contre, le projet du *Cognition and Technology Group at Vanderbilt* (1991) s'inspire d'une pédagogie qui met l'accent sur la compréhension et la résolution de problèmes complexes, tirés de situations réelles. De ce fait, concernant les contenus, il se présente comme un système beaucoup plus structuré que dans le projet CSILE. En fait, à l'origine de ce projet, le Groupe de l'Université Vanderbilt a procédé à une recherche sur des élèves de 5e et de 6e années qui éprouvaient des difficultés en lecture et en mathématiques et a mis l'accent d'une façon toute particulière sur la compréhension de problèmes mathématiques qui comportaient des données sur la vitesse, la distance et le temps (v.g. si un autobus franchit 100 km par heure, combien de temps mettra-t-il à franchir la distance de 500 km qui sépare Montréal de Toronto?). Par la suite, il a élargi son champ d'étude afin d'y inclure le soutien à la compréhension et à la résolution de problèmes reliés à des situations beaucoup plus complexes et proches du réel et dont la résolution requiert de la part de l'élève réflexion et planification tout autant que l'application de formules et des calculs mathématiques (Cognition and Technology Group, 1996). L'approche du Groupe de l'Université Vanderbilt est concrétisée dans *Les Aventures de Jasper Woodbury*, soit une série de documents vidéos et de divers autres documents. Cette approche s'appuie sur les principes suivants.

i) On présente des problèmes réels dans un contexte réel. On applique ce principe en premier lieu en présentant sur une bande ou un disque vidéo des personnages (v.g. Jasper Woodbury) aux prises avec des problèmes bien précis tels que celui de savoir s'ils possèdent assez d'essence pour secourir dans un endroit éloigné, avec un canot à moteur, un oiseau rare et en danger. L'application de ce principe atteint un certain nombre d'objectifs. Tout d'abord, on suscite l'intérêt de l'élève et on produit chez lui un phénomène d'identification, notamment en exposant un problème à travers un récit dont il peut se considérer comme un participant (au moins par personne interposée). En second lieu, à travers l'utilisation d'un document qui, pour l'essentiel, est un document multimédia qui combine une information verbale et une information visuelle, on peut présenter aux élèves des problèmes plus complexes d'une manière compréhensible. Enfin, l'information détaillée et fidèle au réel que présente en fond de scène le vidéo peut servir comme un point de départ pour des problèmes appartenant à d'autres domaines que celui des mathématiques.

ii) On inclut toutes les données requises dans la présentation. En appliquant ce principe, on s'assure que la présentation contient une information suffisante pour résoudre le problème posé et on se montre fondamentalement honnête face aux élèves, en ce sens qu'ils découvrent progressivement que le fait de travailler avec le contenu du vidéo peut conduire à une solution réelle.

iii) On propose des problèmes complexes. Chacune des situations décrites recèle un problème qui comprend plusieurs étapes et, habituellement, peut être résolu de plus d'une manière. L'application de ce principe a pour effet d'inciter l'élève à la maîtrise de problèmes complexes qui ressemblent fortement aux problèmes avec lesquels il sera aux prises en dehors de la classe et confèrent ainsi un sens aux connaissances et aux habiletés en calcul qu'il a apprises.

iv) On formule les problèmes d'une manière qui stimule la réflexion. En plus de fournir une information suffisante, la description du problème est telle qu'elle incite les élèves à le résoudre en plusieurs étapes. L'application de ce principe favorise l'engagement des élèves dans la recherche d'une solution et attire l'attention sur l'importance de posséder des habiletés de planification et de recherche pour comprendre et résoudre des problèmes réels.

v) On prévoit des liaisons entre les différents champs d'études. L'exposé de la complexité des

problèmes est structuré de telle manière que la solution des problèmes en cause requiert divers types de connaissances et d'habiletés, notamment dans le domaine de la lecture, de la planification, des statistiques et de la géométrie, voire de la géographie, sans oublier l'arithmétique comme telle. En appliquant ce principe, on favorise donc chez l'élève l'intégration des connaissances et des habiletés.

vi) On structure la description des problèmes de façon à promouvoir des transferts d'une situation à une autre. On applique ce principe par des paires d'événements centrées sur les mêmes thèmes mathématiques (v.g. des problèmes de vitesse et de distance, mais aussi de consommation de carburant). Ces paires d'événements incitent les élèves à appliquer à des situations nouvelles, mais aussi en partie semblables, les connaissances et les habiletés dont ils ont acquis la maîtrise par ailleurs.

d) On peut envisager à deux niveaux la question du design d'environnements d'apprentissage centrés sur l'utilisation des nouvelles technologies (voir Reusser, 1996). Dans les paragraphes précédents, il a déjà été question d'un premier niveau, défini comme général; on a vu que les caractéristiques des environnements d'apprentissage reflètent les caractéristiques de la pédagogie adoptée par les enseignants. Le second niveau touche la conception des logiciels requis pour enseigner des contenus ou des habiletés spécifiques. Cette conception dépend d'une analyse attentive des savoirs que l'on veut que les élèves apprennent et soient capables d'appliquer aussi bien que d'une prise en compte de la séquence de présentation de ces savoirs que l'on juge appropriée pour en faciliter la maîtrise.

i) Une étude effectuée par Jackson, Edwards et Berger (1993) attire l'attention sur ces questions avec plus de précision. Ces chercheurs ont étudié la conception de logiciels grapheurs utilisés dans l'élaboration d'un programme d'études destiné à enseigner à des élèves du secondaire comment analyser des données et les présenter graphiquement. Une expérimentation avec des logiciels commerciaux a révélé que leur problème majeur résidait dans leur structuration et, plus particulièrement, dans la structuration de la prise de décision du tout début de la démarche d'utilisation (p. 425). En effet, dans ces cas, la production d'un bon graphique requiert de la part de l'utilisateur une connaissance approfondie du logiciel avec lequel il souhaite le produire s'il veut, par la suite, pouvoir prendre des décisions sur des aspects tels que le choix, parmi plusieurs options complexes, des caractéristiques de l'échelle de chacun des axes du graphique. De tels logiciels fournissent à l'expert les outils qui lui conviennent, mais laissent l'élève perplexe devant un labyrinthe de choix.

Par la suite, les mêmes chercheurs ont conçu un logiciel spécialisé comportant un appui perceptuel au savoir que les élèves devaient appliquer pour produire un graphique. L'une des caractéristiques majeures de ce logiciel a été l'inscription dans une même fenêtre des choix de diagrammes (i.e. à colonnes, avec une ligne ou à barres, à secteurs, etc.) et des variables des axes horizontal et vertical possibles. Étant donné que les caractéristiques des variables (i.e. des nombres ou des catégories) restreignent le choix du type de graphique possible, la juxtaposition de ces possibilités constitue un aspect déterminant de l'élaboration d'un graphique. Ainsi, l'utilisation, sur l'axe horizontal, d'une variable telle qu'une région géographique élimine la possibilité d'un diagramme à barres.

Une autre caractéristique du nouveau logiciel a été la disposition en séquence des choix relatifs aux caractéristiques de l'échelle des axes (i.e. valeur minimale et maximale de l'axe vertical). En procédant de cette façon, on a réalisé deux objectifs : tout d'abord, l'ordre de présentation par le logiciel des options possibles correspond à la démarche de prise de décision par l'élève; en second lieu, l'élève est à tout moment en mesure de voir les effets de ses décisions sur l'élaboration du diagramme, ce qui lui permet de découvrir que tel graphique est nécessairement le résultat de telle décision spécifique.

Une autre question demeure : comment inscrire le logiciel grapheur prévu à l'intérieur d'une approche pédagogique particulière? Jackson et ses collègues ont répondu à cette question en concentrant leurs efforts sur des mesures qui favorisent la rétroaction et la souplesse. Ils ont ainsi créé trois modes différents de présentation des contenus : un mode restrictif qui, compte tenu des décisions antérieures de l'élève, limite les choix possibles; un mode ouvert, qui présente toutes les options possibles et un mode «conseil», qui présente aussi toutes les options, mais, au moyen de brèves notes, informe l'élève des implications de certains de ses choix. Les élèves ont pu effectuer des exercices avec ce logiciel durant environ six heures.

Par la suite, on a évalué leurs apprentissages. On l'a fait, non en évaluant leur capacité d'utiliser le logiciel, mais en leur confiant une tâche où ils devaient appliquer ce qu'ils avaient appris, soit, en relation avec une série de problèmes, la critique et des suggestions d'amélioration de présentations graphiques. Les élèves qui avaient bénéficié du mode de présentation «conseil» ont obtenu de meilleurs résultats que les autres. Les observations recueillies durant la réalisation de la tâche et les entrevues effectuées par la suite suggèrent que, dans le mode «conseil», la combinaison d'une possibilité d'explorer les résultats de telle ou telle option et d'une rétroaction sur les implications facilitait l'apprentissage. On a ainsi découvert toute l'importance que revêt une participation active de l'élève à son apprentissage, même pour un contenu comme l'élaboration de graphiques, qui appartient au domaine des habiletés.

ii) Kozma, Russell, Jones, Marx et Davis (1996) ont étudié l'élaboration d'un logiciel pour illustrer aux étudiants de **baccalauréat** le phénomène chimique de l'équilibre dynamique entre les gaz de différentes couleurs. Le logiciel a été conçu pour supporter l'apprentissage de l'étudiant d'un modèle expert d'équilibre de gaz, entre autres, que, même si, au niveau physique général, deux gaz atteignent un état d'équilibre proportionnel constant l'un par rapport à l'autre à une température donnée, au niveau moléculaire, les molécules d'un gaz se transforment continuellement en l'autre et inversement. D'où, le terme 'équilibre dynamique'. Le logiciel présente un certain nombre de représentations interreliées illustrant le phénomène et inclut: i) une fenêtre vidéo affichant l'appareil physique (v.g., éprouvette ayant le mélange de gaz, cuvette pour chauffer, thermomètre, etc.) et les caractéristiques du phénomène.

La séquence du vidéo montre un changement de couleur dans le mélange de gaz (du rose au rouge) quand le mélange est chauffé, ii) une fenêtre graphique illustrant les proportions des deux sortes de gaz en fonction de la chaleur. Les points dans le graphique sont reliés à la fenêtre vidéo afin que le logiciel produise le graphique au moment du vidéo pendant que le mélange est chauffé. iii) une fenêtre d'animation affichant des molécules symboliques qui se déplacent, se heurtent, et parfois se transforment d'une sorte de molécule à une autre. Cette fenêtre fournit une représentation de la connaissance experte de l'équilibre dynamique. En outre, la fenêtre est reliée aux deux autres fenêtres -- quand la température augmente, les molécules de la fenêtre d'animation augmentent de vitesse de même que le nombre de collisions; les variations correspondant au changement d'une sorte de gaz à l'autre correspondent aux couleurs et points caractéristiques des autres fenêtres. Cette dernière fenêtre est à considérer, car elle fournit une représentation matérielle d'un phénomène qui auparavant était strictement mental.

Le logiciel a été élaboré pour différentes démarches pédagogiques, d'une démonstration en salle de cours au travail exploratoire des étudiants en situation de laboratoire. L'évaluation des effets du logiciel a été effectuée sur le temps d'exposés magistraux et en utilisant le format d'analyse prétest-post test. Les connaissances de l'étudiant sur l'équilibre dynamique ont été évaluées avant que le thème soit traité dans le cours régulier de chimie. Les étudiants ont ensuite assisté à deux cours d'une heure durent lesquelles le professeur utilisait le logiciel pour illustrer les aspects du phénomène. Par la suite, les connaissances des étudiants ont été évaluées au moyen d'une mesure post test. Les résultats démontrent des hausses importantes dans les

résultats concernant les caractéristiques et processus d'équilibre dynamique (la moyenne des notes pour le post test était d'une déviation normale au-delà de la moyenne des notes du prétest). L'étude démontre ainsi l'efficacité potentielle du logiciel pour l'apprentissage de représentations interreliées et de l'ordre des connaissances expertes.

5. En relation avec l'intervention auprès d'un groupe d'élèves

Dans la documentation consultée, il y a pratiquement unanimité pour affirmer qu'une utilisation efficace des nouvelles technologies modifie la fonction et les tâches de l'enseignant ou de l'enseignante en classe. Les termes employés pour exprimer la nature et l'ampleur de ce changement sont multiples, mais ils convoient à peu près tous au moins les deux idées suivantes: une part de la communication d'information inhérente à l'enseignement est transférée de l'enseignant aux médias technologiques et l'enseignant lui-même dispose de plus de temps pour soutenir chaque élève dans son processus de découverte et de maîtrise de connaissances, d'habiletés et d'attitudes.

Cette évolution, qui est également influencée par d'autres facteurs, conduit à envisager autrement l'enseignement et l'apprentissage; ceux-ci deviennent davantage une recherche continue et, en même temps qu'une démarche éminemment personnelle, commune.
Tels sont les deux sous-thèmes retenus en relation avec l'intervention de l'enseignant ou de l'enseignante auprès d'un groupe d'élèves dans un environnement éducatif où les nouvelles technologies occupent une place réelle.

ONZIÈME CONSTATATION :

Des relations différentes entre enseignants ou enseignantes et élèves

Si on utilise les technologies nouvelles en misant sur leurs possibilités, l'enseignant ou l'enseignante agit auprès des élèves, bien davantage que dans la classe traditionnelle, comme un animateur, un «facilitateur», un mentor, un guide dans la découverte et la maîtrise progressive de connaissances, d'habiletés et d'attitudes.

Points de repère

a) La recherche dirigé par Guthrie et Richardson (1995) portant sur l'utilisation du micro-ordinateur pour l'enseignement de la langue au primaire (voir Troisième constatation, a), rapporte que des changements importants ont été notés dans la fonction d'enseignement du personnel enseignant. Ainsi, même si le micro-ordinateur ne sert que pour certaines activités parmi plusieurs autres et s'il n'est à aucun moment obligatoire, «il facilite une approche plus individualisée de l'apprentissage. Une forte proportion du contenu du didacticiel permet aux élèves d'avancer et d'apprendre à leur propre rythme. Les enseignants et les enseignantes deviennent alors davantage des "facilitateurs" et des "coaches" qui dosent leur soutien selon les besoins de l'enfant» (p. 16. Voir aussi, tout à fait dans le même sens, les résultats de l'enquête de 1990 du Center for Technology in Education du Bank Street College of Education, dans U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 52-53) .

b) Van Dusen et Worthen (1995, voir Quatrième constatation, a) ont également relevé des modifications significatives dans la fonction d'enseignement des enseignants. Ainsi, note-t-on, «les enseignants demeurent responsables de l'apprentissage des élèves, mais deviennent des guides des processus d'apprentissage plutôt que des "dispensateurs" d'information. Ils agissent comme des "facilitateurs" et des planificateurs d'activités d'apprentissage» (p. 32). Ils sont aussi davantage disponibles «pour apprendre à leurs élèves à traiter des informations, en les aidant à faire des choix et à confirmer leurs apprentissages» (ibid.).

c) Dans les réflexions sur la contribution de la technologie à l'enseignement et à l'apprentissage qui concluent le volume publié en relation avec la *National Study of Technology and Education Reform*, financée par le département américain de l'Éducation et effectuée par SRI International, l'une des cinq «propositions» retenues est ainsi formulée: «La technologie apporte un soutien aux enseignants et aux enseignantes qui cherchent à devenir des "coaches" plutôt que des "dispensateurs" d'un savoir» (Means and Olson, 1994, p. 201).

d) Altun (1996) dans sa recherche sur les effets de vidéo interactif (voir Troisième constatation, c), souligne que son utilisation en enseignement des sciences permet à l'enseignant d'accorder plus de temps à chacun des élèves, particulièrement à ceux qui sont plus faibles ou qui sont peu familiers avec les nouvelles technologies (p. 310).

e) De même, Heidmann, Waldman et Moretti (1996) dans leur évaluation du logiciel multimédia *Archeology* (voir Cinquième constatation, b), ont conclu que l'emploi de nouvelles technologies permet à l'enseignant de devenir auprès de l'élève «un facilitateur» dans «un processus de découverte» (p. 302; Voir aussi, dans le même sens, Padrón and Waxman, 1996, p. 197 et le témoignage sans équivoque d'un enseignant du *National Geographic Kids Network* dans U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 69).

f) Trois des huit tendances dégagées par Collins (1991, voir aussi Quatrième constatation, b) touchent directement la fonction d'enseignement des enseignants et des enseignantes et, plus spécifiquement, leurs relations avec les élèves (p. 29).

i) Lorsque l'enseignant utilise l'ordinateur pour son enseignement, il est amené à travailler avec de petits groupes d'élèves ou chaque élève individuellement plutôt qu'avec toute la classe en même temps. Il en arrive ainsi à se faire une idée beaucoup plus précise et réaliste de ce que les élèves comprennent et ne comprennent pas.

ii) L'enseignant devient un «coach», au lieu d'une personne qui transmet de l'information et demande ensuite aux élèves de la répéter. L'ordinateur joue un peu le même rôle que le piano : c'est surtout en jouant du piano ou en travaillant avec un ordinateur que l'élève apprend; l'enseignant agit comme un guide qui s'assure que les interactions entre l'élève et le piano ou l'ordinateur contribuent à l'apprentissage de l'élève.

iii) L'enseignant s'occupe davantage des élèves qui ont besoin d'aide, soit ordinairement les plus faibles, alors que, dans la classe traditionnelle, il a tendance à s'adresser en priorité aux plus forts.

DOUZIÈME CONSTATATION :

Une vision différente de l'enseignement et de l'apprentissage

Dans un contexte où les technologies nouvelles jouent un rôle important, l'enseignant et l'enseignante envisagent de moins en moins le savoir comme un ensemble de connaissances à transmettre et de plus en plus comme un processus et une recherche continus dont ils partagent avec les élèves les difficultés et les résultats.

Points de repère

a) Pour que l'utilisation d'une nouvelle technologie soit efficace, on doit l'inscrire à l'intérieur d'une approche plus large qui justifie cette utilisation. Envisager les nouvelles technologies comme un outil ou un instrument implique qu'il est possible de les situer à l'intérieur d'une approche qui est assez bien définie, de sorte que, par exemple, la capacité de l'ordinateur concernant l'entrée de données, leur présentation et leur communication puissent contribuer effectivement à l'apprentissage et à la réussite des élèves. Par ailleurs, les enseignants et les enseignantes doivent connaître et maîtriser concrètement aussi bien l'approche pédagogique qui convient en classe que les nouvelles technologies qu'eux-mêmes et leurs élèves utilisent. De tels propos dépassent la simple considération des effets des nouvelles technologies, mais ils paraissent nécessaires si l'on veut mieux savoir comment les pouvoirs de l'ordinateur peuvent servir à des fins d'apprentissage et comment concevoir des environnements appropriés avec ces technologies.

En bref, on peut affirmer que les nouveaux courants pédagogiques mettent de plus en plus l'accent sur la formation d'apprentissages qui sont :

- **«de haut niveau»**, en ce sens que les élèves utilisent leur savoir pour analyser, comprendre et résoudre des problèmes plutôt que pour se rappeler simplement des faits;
- **«authentiques»**, en ce sens qu'ils se rapportent à des activités de l'élève et à des situations en dehors de la classe;
- **«autonomes»**, en ce sens que les élèves peuvent appliquer leurs connaissances et leurs habiletés, selon les besoins, à différents sujets.

Ces objectifs généraux fondent une pédagogie qui prend pour les élèves la forme suivante: exécution et présentation de projets (en remplacement, ou en complément, de la mémorisation de faits); collaboration avec d'autres élèves, des enseignants et d'autres gens hors de la salle de classe en tant qu'apprenants et sources d'information; planification d'activités et coordination de multiples sources d'information dans leur recherche de connaissance (voir Brown et Campione, 1996).

b) Cette façon de concevoir la pédagogie est ressortie avec évidence de l'évaluation qui a été faite du projet *Appie Classrooms of Tomorrow* (voir Sixième constatation, b) par Dwyer, Ringstaff et Sandholtz (1991). Au cours des années qu'a duré l'expérimentation en classe, le personnel enseignant a progressivement, et de plus en plus substantiellement, révisé ses idées sur l'enseignement et l'apprentissage. Déjà, au cours de la sixième année, il appert que ce personnel «est mieux disposé à envisager l'apprentissage comme un processus actif, créateur et socialement interactif qu'il ne l'était au début du projet. On voit maintenant le savoir, précise-t-on, comme quelque chose que les élèves doivent eux-mêmes construire, plutôt que comme quelque chose que l'on peut leur transmettre intact» (p. 50). Cette évolution s'est encore affirmée par la suite. L'instruction est devenue une «construction» où l'interprétation des faits a remplacé leur accumulation, la compréhension de la matière couverte, son étendue et l'évaluation de la

capacité de faire ou de démontrer les questions à choix multiples.

c) Selon Allan Collins (1991, voir Quatrième constatation, b), l'implantation des nouvelles technologies dans les écoles aura aussi une influence notable sur la conception même que l'on se fait de l'enseignement et de l'apprentissage. Ainsi, alors que, maintenant, en principe du moins, les élèves apprennent tous la même chose de la même manière en même temps, les nouvelles technologies rendent possibles et naturels des apprentissages différents selon les élèves. (p. 30). Collins affirme également que les nouvelles technologies, dont la composante visuelle est importante, incitent également à passer d'une pensée d'abord verbale à une pensée qui intègre le visuel et le verbal (ibid.).

6. En relation avec l'évaluation des apprentissages

Durant un temps, les nouvelles technologies ont souvent servi à soutenir, voire à consolider, les modes de diagnostic et d'évaluation des apprentissages en vigueur. Avec l'avènement des technologies les plus récentes, on assiste à un phénomène différent : dans de nombreux cas, ce sont les technologies elles-mêmes qui commandent des formes d'évaluation renouvelées, plus souples et beaucoup plus respectueuses de ce qu'est l'apprentissage, ou servent à leur mise en oeuvre. Tel est du moins ce qui ressort de la recherche qui a pu être effectuée et dont les deux constatations qui suivent présentent un bref résumé des résultats.

TREIZIÈME CONSTATATION :

L'évaluation des apprentissages

> ***Les nouvelles technologies permettent d'associer de manière positive et étroite les élèves à l'évaluation de leurs propres apprentissages, ainsi que d'utiliser et de gérer des modes d'évaluation beaucoup plus exigeants que ce n'est le cas, en règle générale, en ce moment.***

Points de repère

a) On peut envisager les nouvelles technologies comme des moyens pour améliorer l'administration du genre d'examens que l'on fait passer actuellement, de même que la conservation et la communication de leurs résultats (voir Sheingold and Frederiksen, 1994, p. 130). Cependant, dans le domaine de l'évaluation des apprentissages, ces technologies peuvent faire beaucoup plus; elles sont même indispensables à la réussite de la réforme en profondeur que l'on a amorcée depuis quelques années (voir id., p. 111-112). Elles peuvent notamment remplir les cinq fonctions suivantes :

i) Ces technologies (en l'occurrence, des logiciels de simulation et divers autres outils informatiques qui permettent de représenter, de dessiner, d'analyser, d'interrelier, d'enregistrer, etc.) peuvent soutenir des modes d'évaluation des apprentissages qui démontrent chez l'élève un engagement réel dans des activités amples, «authentiques» et exigeantes et une capacité d'appliquer un savoir (voir id., p. 121).

ii) Étant donné les potentialités de ces technologies, les travaux des élèves peuvent facilement prendre d'autres formes que celle d'un texte écrit, ou combiner diverses formes, et être transmis en tout temps et quasi instantanément à des examinateurs situés ailleurs. Ces technologies permettent également de revoir autant de fois que nécessaire le travail d'un élève et à celui-ci, comme à d'autres personnes ou à des organismes autorisés, d'en conserver une «copie» (voir id., p. 121-124).

iii) Ces technologies peuvent permettre de constituer des «bibliothèques» ou des centres multimédias où sont rassemblés des exemples de travaux d'élèves et d'instruments d'interprétation. Ces lieux pourraient aussi disposer d'un équipement de montage vidéo et de production multimédia, de façon à ce que des équipes d'enseignants et d'enseignantes puissent proposer à leurs collègues d'autres approches à l'évaluation des apprentissages des élèves (voir id., p. 121 et 124-126).

iv) Ces technologies peuvent permettre d'élargir considérablement le nombre de personnes engagées dans l'élaboration et la critique d'instruments d'évaluation conformes aux exigences actuelles et capables de porter un jugement éclairé sur des travaux d'élèves de type portfolio, performance ou démonstration de compétence. Ces technologies rendent possibles, à distance et rapidement, l'échange et la discussion d'instruments d'évaluation, l'aide mutuelle dans la recherche d'instruments plus adéquats et interprétés partout de la même manière, certaines activités de formation et la consultation d'élèves ou la sélection par eux, avec l'aide de leurs enseignants, de projets à réaliser ou de cours à suivre (voir id., p. 121 et 126-128).

v) Enfin, ces technologies rendent possible la diffusion sur des réseaux informatisés des meilleurs instruments d'évaluation préparés par des enseignants et des meilleurs travaux réalisés par des élèves (voir id., p. 121 et 128-129).

b) «L'un des plus grands défis des nouvelles formes d'évaluation, telle l'évaluation basée sur la démonstration d'une "performance", consiste à conserver la trace de cheminements individuels riches, mais multiples», affirme un important rapport-synthèse préparé pour le Congrès américain (U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 73. Voir aussi Troisième constatation, b). Dans un tel cas, la technologie peut s'avérer très utile. Ainsi et entre autres, une évaluation basée sur la démonstration de performances, si elle est soutenue par une technologie appropriée, «peut aider les enseignants à diagnostiquer les forces et les faiblesses des élèves et à adapter leur enseignement en conséquence, fournir aux élèves une rétroaction immédiate de leur performance, permettre aux enseignants de prendre note de plusieurs aspects de la compétence acquise par les élèves et de conserver ces appréciations et de maintenir un relevé continu, détaillé et efficace des progrès de l'élève» (id., p. 73-74).

c) Les nouvelles technologies contribuent au passage d'une évaluation des apprentissages centrée sur des tests à une évaluation centrée sur des projets, ainsi que sur les efforts et les progrès des élèves (voir Collins, 1991, p. 30. Voir aussi, pour quelques éléments contextuels, Quatrième constatation, b).

QUATORZIÈME CONSTATATION :

Le diagnostic de difficultés particulières

En permettant de retracer rapidement les divers cheminements d'apprentissage empruntés par un élève, les nouvelles technologies facilitent la détection par

l'enseignant ou l'enseignante des points forts de cet élève, de même que des difficultés précises qu'il rencontre ou de ses apprentissages préalables erronés ou mal assimilés.

Points de repère

a) Dans les écoles où tous les enseignants de l'école ou d'une classe disposent d'un ordinateur et ont accès aux dossiers de leurs élèves et à un logiciel de gestion approprié, chaque enseignant peut savoir rapidement si un élève qui a des difficultés d'apprentissage avec lui en a aussi avec ses collègues et prendre action en conséquence. Dans de tels cas, la technologie joue le rôle d'un «système avertisseur» et permet plusieurs types d'intervention avant que la situation ne devienne trop grave (voir U. S. Congress, Office of Technology Assessment, 1995, p. 73).

b) Dans l'évaluation d'un système d'apprentissage intégré dirigé par Underwood, Cavendish et Lawson (1996) (voir Troisième constatation, d), c'est peut-être la fonction diagnostique du système qui a produit sur le personnel enseignant les effets les plus visibles, sinon les plus marquants. Ainsi, l'un des membres de ce personnel, très sceptique au début de l'expérience, a avoué par la suite que «c'était devenu une seconde nature pour lui que d'utiliser les rapports diagnostiques du système» pour orienter son enseignement (p. 957). En agissant ainsi, il a noté, par exemple, que les rapports produits par le système d'enseignement intégré identifiaient les mots et les groupes de mots avec lesquels un élève avait de la difficulté.

Une telle information lui a permis de penser à un enseignement relié à ce problème. Cet enseignant fait aussi remarquer que le degré de précision des diagnostics du système dépasse de beaucoup ce dont il serait lui-même capable. «Ainsi, raconte-t-il, Lydia avait des difficultés de vocabulaire, mais j'avais mal identifié cette difficulté; le système m'a montré ce qui en était et, alors, j'ai pu concentrer mes efforts sur le problème de l'élève» (ibid.). Les chercheurs qui rendent compte de leur travail font remarquer que le soutien diagnostique fourni par la technologie utilisée a permis à cet enseignant, considéré comme faible par ses collègues, d'agir avec compétence. En outre, de l'avis de l'administration de son école, la réflexion que l'utilisation de ce système l'a amené à faire a eu d'heureux résultats sur d'autres aspects de son enseignement.

De nombreux enseignants d'expérience notent aussi le profit que l'on peut tirer des diagnostics détaillés produits par le système. «Souvent, disent-ils, ces diagnostics confirment nos intuitions, mais il arrive qu'ils font ressortir un problème ou un progrès que nous n'avions pas remarqués» (ibid.). En fait, le système détecte l'éclosion d'une réussite bien avant qu'elle ne devienne visible dans la classe. En conséquence, certains élèves qui n'aiment pas montrer leur capacité de réussir ne peuvent plus cacher leurs talents!

Les capacités de dépistage du système sont aussi évidentes lorsqu'il s'agit de se pencher sur la situation de certains élèves dont la réussite en classe est «moyenne», alors qu'ils pourraient faire beaucoup mieux (Scardamalia, Bereiter, & Lamon, 1994). Le système d'apprentissage intégré «peut modifier ce comportement d'autosatisfaction en incitant à un changement de perception sur les capacités de l'enfant de la part de l'enseignant et de l'enfant lui-même ... Dans plusieurs cas, l'enfant ne souhaite pas se distinguer de ses pairs, mais, dans d'autres, il est devenu tout à fait à l'aise en effectuant sans stress un travail médiocre accompli avec un effort minimal» (Underwood, Cavendish et Lawson (1996, p. 957).

RÉFÉRENCES

ALTUN, ERALP H. (1996)
Interactive Multimedia Systems and Technophobia : A Case Study of Student Anxiety in Regard to Gender and Ability Levels. Voir ci-après *International Conferences on Technology and Education,* p. 308-310.

ARROYO, C. (1992)
What Is the Effect of Extensive Use of Computers On the Reading Achievement Scores of Seventh Grade Students. (Report No. CS 011-145). Chicago, IL : Chicago Public Schools. ERIC Document 353 544.

BAKER, E., M. GEARHART AND J. HERMAN (1992)
Evaluating the Apple Classrooms of Tomorrow : 1990 Evaluation Study (Report to Apple Computer, inc.). Los Angeles : University of California, Center for the Study of Evaluation and Center for Technology Assessment.

BAKER, E., M. GEARHART AND J. HERMAN (1994)
Evaluating the Apple Classrooms of Tomorrow. In E. L. Barker and H. F. O'Neil (Eds.), *Technology Assessment in Education and Training* (p. 172-197). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

BARKER, T. A. AND J. TORGESEN (1995)
An Evaluation of Computer-Assisted Instruction in Phonological Awareness With Below Average Readers. *Journal of Educational Computing Research,* 13 (1), 80-103.

BARRON, LINDA C. AND ELIZABETH S. GOLDMAN (1994)
Integrating Technology with Teacher Preparation. Voir ci-après Means, Barbara, p. 81-110.

BLACK, J., W. THALHEIMER, H. WILDER, D. DE SOTO AND P. PICARD (1994)
Constructivist Design of Graphic Computer Simulations. (Report No. IR 016 713). Nashville, TN : Research and Theory Division. ERIC Document 373 703.

BROWN, A. L. AND J. C. CAMPIONE (1996)
Guided Discovery in a Community of Learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom Lessons : Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (p. 229-270). Cambridge, MA : MIT Press.

BROWNELL, GREGG AND JULIA MCARTHUR (1996)
A Preliminary Report: Robotics and Collaborative Learning in a Sixth Grade Classroom. Voir ci-après Robin, Bernard and Others, p. 270-273.

BUTZIN, S. (1991)
Project CHILD : Integrating Computers into the Elementary School. A Summative Evaluation. (Report No. IR 015 248). Tallahassee, FL : Center for Instructional Development and Services. ERIC Document 338 221.

COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1991)
Technology and the Design of Generative Learning Environments. *Educational Technology*, 31, 34-40.

COGNITION AND TECHNOLOGY GROUP AT VANDERBILT (1996)
From Visual Word Problems to Learning Communities : Changing Conceptions of Cognitive Research. In K. McGilly (Ed.), *Classroom Lessons : Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (p. 157-200). Cambridge, MA : MIT Press.

COGNITIVE ENRICHMENT NETWORK (1991)
COGNET Follow Trough Education Model. Research Report : Studies of Impact on Children, Teachers and Parents, 1988-1991. (Report No. PS 020 468). Nashville, TN : Author. ERIC Document 343 720.

COLLINS, A. (1996)
Design Issues for Learning Environments. In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser and H. Mandl (Eds.), *International Perspectives on the Design of Technology Supported Learning Environments* (p. 347-362). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

COLLINS, ALLAN (1991)
The Role of Computer Technology in Restructuring Schools. *Phi Delta Kappan,* 73 (1), 28-36.

DAIUTE, C. (1983)
The Computer as Stylus and Audience. *College Composition and Communication,* 34, 134-145.

DWYER, DAVID (1994)
Apple Classrooms of Tomorrow : What We've Learned. *Educational Leadership,* 51 (7), 4-10.

DWYER, DAVID C., CATHY RINGSTAFF AND JUDY H. SANDHOLTZ (1991)
Changes in Teachers' Beliefs and Practices in Technology-Rich Classrooms. *Educational Leadership,* 48 (8), 45-52.

EVANS, K. S. (1991)
The Effects of a Metacognitive Computer Writing Tool on Classroom Learning Environment, Student Perceptions and Writing Ability. (Report No. CS 213 257). Bethesda, MD : National Institute of Child Health and Human Development. ERIC Document 344 212.

FORD, MARY JANE, VIRGINIA POE AND JUANITA COX (1995)
Using CD-ROMS to Develop Automaticity and Fluency in Reading. Voir ci-après Willis, Dee Anna and Others, p. 136-139.

GREENLEAF, C. (1994)
Technological Indeterminacy : The Role of Classroom Writing Practices and Pedagogy in Shaping Student Use of the Computer. *Written Communication,* 11 (1), 85-130.

GUTHRIE, LARRY F. AND SUSAN RICHARDSON (1995)
Turned On to Language Arts : Computer Literacy in the Primary Grades. *Educational Leadership,* 53 (2), 14-17.

HASSELBRING, T. (1991)
An Evaluation of Specific Videodisc Courseware on Student Learning in a Rural School Environment. (Report No. IR 015 255). Knoxville, TN : Tennessee Valley Authority. ERIC Document 338 225.

HAWISHER, GAIL E. (1989)
Research and Recommendations for Computers and Composition. In Gail E. Hawisher and

Cynthia L. Selfe (Eds.), *Critical Perspectives on Computers and Composition Instruction* (p. 44-69). New York : Teachers College Press.

HEIDMANN, WOLFGANG, WILLIAM D. WALDMAN WITH DR. FRANK A. MORETTI (1996)
Using Multimedia in the Classroom. Voir ci-après *International Conferences on Technology and Education,* p. 300-302.

HENDERSON, R. AND E. LANDESMAN (1993)
The Interactive Videodisc System in the Zone of Proximal Development : Academic Motivation and Learning Outcomes in Precalculus. *Journal of Educational Computing Research,* 9 (1), 29-43.

HERMAN, JOAN L. (1994)
Evaluating the Effects of Technology in School Reform. Voir ci-après Means, Barbara, p. 133-167.

INTERNATIONAL CONFERENCES ON TECHNOLOGY AND EDUCATION (1996)
Technology and Communications : Catalyst for Educational Change. Proceedings of the Thirteenth International Conference on Technology and Education, New Orleans, Louisiana, March 17-20, 1996. Grand Prairie, TX : Author. 2 vol., 755 p.

JACKSON, D., B. EDWARDS AND C. BERGER (1993)
The Design of Software Tools for Meaningful Learning by Experience : Flexibility and Feedback. *Journal of Educational Computing Research,* 9 (3), 413-443.

JACOBSDOTTIR, S. AND S. HOOPER (1995)
Computer-Assisted Foreign Language Learning : Effects of Text, Context, and Gender on Listening Comprehension and Motivation. *Educational Technology Research and Development,* 43 (4), 43-59.

JONES, ITHEL (1994)
The Effect of a Word Processor on the Written Composition of Second-Grade Pupils. *Computers in the Schools,* 11 (2), 43-54.

JOHNSON-GENTILE, K., D. CLEMENTS AND M. BATTISTA (1994)
Effects of Computer and Noncomputer Environments on Student's Conceptualizations of Geometric Notions. *Journal of Educational Computing Research,* 11 (2), 121-140.

JORAM, E., E. WOODRUFF, M. BRYSON AND P. H. LINDSAY (1992)
The Effects of Revising with a Word Processor on Written Communication. *Research in the Teaching of English,* 26 (2), 167-193.

KOZMA, R. B., RUSSELL, J., JONES, T, MARX, N., & DAVIS, J. (1996).
The Use of Multiple, Linked Representations to Facilitate Science Understanding. In S. Vosniadou, E. De Corte, R. Glaser & H. Mandl (Eds.), *International perspectives on the design of technology supported learning environments* (pp. 41-60). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbam Associates.

KULIK, C. C. AND KULIK, J. A. (1991)
Effectiveness of Computer-based Instruction : An Updated Analysis. *Computers in Human Behaviour,* 7, 75-94.

LAFER, STEPHEN AND ANDREW MARKERT (1994)

Authentic Learning Situations and the Potential of Lego TC Logo. *Computers in the Schools,* 11 (1), 79-94.

LAJOIE, S. (1993)
Computer Environments as Cognitive Tools for Enhancing Learning in Computers. In S. P. Lajoie and S. Derry (Eds.), *Computers as Cognitive Tools* (p. 261-288). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

LEI, TONY T. (1996)
A Study of the Implementation of Computer Education in Public Schools. Voir ci-haut *International Conferences on Technology and Education,* vol. 1, p. 314-316.

MARCH, T. (1993)
Computer-Guided Writing : Developing Expert Characteristics in Novice Writers. (Report No CS 214 235). San Diego, CA : San Diego State University. ERIC Document 366 983.

MCKINNON, DAVID H., C.J. PATRICK NOLAN AND KENNETH E. SINCLAIR (1996)
The Freyberg Integrated Studies Project in New Zealand : A Longitudinal Study of Secondary Students' Attitudes Towards Computers, Their Motivation and Performance. Voir ci-haut *International Conferences on Technology and Education,* p. 463-465.

MCLELLAN, HILARY (1994)
Interactions of Student Partners in a High School Astronomy Computer Lab. *Computers in the Schools,* 11 (1), 29-41.

MEANS, BARBARA (ED.) (1994)
Technology and Education Reform. The Reality Behind the Promise. San Francisco, CA : Jossey-Bass. XXIV et 232 p.

MEANS, BARBARA AND KERRY OLSON (1994)
Tomorrow's Schools : Technology and Reform in Partnership. Voir ci-haut Means, Barbara, p. 191-222.

MEHAN, HUGH. (1989)
Microcomputers in Classrooms : Educational Technology or Social Practice? *Anthropology and Education Quarterly,* 20 (1), 4-22.

NEWMAN, DENIS (1994)
Computer Networks : Opportunities or Obstacles? Voir ci-haut Means, Barbara, p. 57-80.

O'NEIL, JOHN (1995)
On Technology and Schools. A Conversation with Chris Dede. *Educational Leadership,* 53 (2), 6-12.

OWSTEN, R. D., S. MURPHY AND H. H. WIDEMAN (1992)
The Effects of Word Processing on Student's Writing Quality and Revision Strategies. *Research in the Teaching of English,* 26 (3), 249-276.

PADRÓN YOLANDA N. AND HERSHOLT C. WAXMAN (1996)
The Role of Technology in Improving Mathematics and Science for Students in Urban Schools. Voir ci-haut *International Conferences on Technology and Education,* p. 196-201.

PELED, Z., E. PELED AND G. ALEXANDER (1994)

An Ecological Approach for Information Technology Intervention, Evaluation, and Software Adoption Policies. In E. L. Barker and H. F. O'Neil (Eds.). *Technology Assessment in Education and Training* (p. 35-61). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

RAY STEG, D., I. LAZAR AND C. BOYCE (1994)
A Cybernetic Approach to Early Education. *Journal of Educational Computing Research,* 10 (1), 1-27.

REPMAN, J. (1993)
Collaborative, Computer-based Learning : Cognitive and Affective Outcomes. *Journal of Educational Computing Research,* 9 (2), 149-163.

REUSSER, K. (1996)
From Cognitive Modeling to the Design of Pedagogical Tools. In S. Vosnadiou, E. De Corte, R. Glaser and H. Mandl (Eds.), *International Perspectives on the Design of Technology Supported Learning Environments* (p. 81-104). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

RIEL, M. (1985)
The Computer Chronicles Newswire : A Functional Learning Environment for Acquiring Literacy Skills. *Journal of Educational Computing Research,* 1 (3), 317-337.

RIEL, M. (1989)
Telecommunications : A Tool for Reconnecting Kids with Society. In B. Feinstein and B. Kurshan (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Telecommunications in Education : Learners in the Global Village.* Oregon : International Society for Technology. ERIC Document 328 233.

RIEL, M. (1990)
Computer-Mediated Communication : A Tool for Reconnecting Kids with Society. *Interactive Learning Environments,* 1 (4), 255-263.

ROBIN, BERNARD AND OTHERS (EDS.) (1996)
Technology and Teacher Education Annual, 1996. *Proceedings of SITE 96. Seventh International Conference of the Society for Information Technology and Teacher Education (SITE),* Phoenix, Arizona, March 13-16, 1996. Charlottesville, VA : Association for the Advancement of Computing in Education. XVI et 1063 p.

RUBIN, ANDEE AND BERTRAM C. BRUCE (1985)
QUILL : Reading and Writing with a Microcomputer. In B. Hutson (Ed.), *Advances in Reading/Language Research,* Vol. 3 (p. 97-117). Greenwich, CT : JAI Press.

SCARDAMALIA, M. AND C. BEREITER (1993)
Technologies for Knowledge-Building Discourse. *Communications of the ACM,* 36 (5), 37-41.

SCARDAMALIA, M., C. BEREITER, C. BRETT, P. J. BURTIS, C. CALHOUN AND N. SMITH LEA (1992)
Educational Applications of a Networked Communal Database. *Interactive Learning Environments,* 2 (1), 45-71.

SCARDAMALIA, M., C. BEREITER AND M. LAMON (1994)
The CSILE Project : Trying to Bring the Classroom into World 3. In K. McGilly (Ed.), *Classroom Lessons : Integrating Cognitive Theory and Classroom Practice* (p. 201-228). Cambridge, MA : MIT Press.

SEEVER, A. (1992)
Achievement and Enrollment Evaluation of the Central Computers Unlimited Middle Magnet School 1990-1991. (Report No. IR 015 634). Kansas, MO : Kansas City School District. ERIC Document 348 962.

SEMEL, SUSAN F. (1992)
The Dalton School. N. Y. : Peter Lang Publishing (American University Studies, Series XIV, Education, Vol. 34). XIX et 205 p.

SHARP, D., J. BRANSFORD, S. GOLDMAN, S. RISKO AND N. VYE (1995)
Dynamic Visual Support for Story Comprehension and Mental Model Building by Young, At-risk Children. *Educational Technology Research and Development,* 43 (4), 25-42.